விஞ்ஞான சிறு நூல்

அண்ணாமலைப் பல்கலைக் கழகத்தின் துணைவேந்தர்

உயர் திரு. ம. இரத்தினசாமி, ஸி. ஐ. இ. அவர்களின்

சீரிய நல்லெண்ண வெளியீட்டாய்

நடத்தப்பட்ட

சித்திரைப் பள்ளிக்கூடத்தில்

கற்பிக்கப்பட்ட

அறிவியற் பாடங்களின் தொகுதி

அண்ணாமலைப் பல்கலைக் கழகத்தாரால்
வெளியிடப்படுவது
1946

உள்ளடக்கம்

I

நாடு காணல்

கோடைக் காலத்தில் புழுக்கம் அதிகமாயுள்ளபோது விசிறிக்கொள்கிறோம்; வியர்வை அடங்குகிறது. காற்று வீசும்போது அது அசைகின்றது என அறிந்துகொண்டு, விசிறியை ஆட்டிக் காற்றை வீசச் செய்கிறோம். நாளடைவில் பங்காக்களும் மின்சாரவிசிறிகளும் செய்யப்படுகின்றன. இயற்கை நிகழ்ச்சி யொன்றைக் கவனித்து, அது ஏன் நேரிடுகின்றது எனச் சிந்தனைசெய்து அறிந்து, அவ்வறிவைக் காரியத்திற்காகப் பயன்படுத்திக் கொள்வதே 'விஞ்ஞானம்' (ஸயன்ஸ்) எனப் படுவது. பல காரண காரியங்களை அறிந்து முறைப் படுத்திக் கூறுவதற்கு 'விஞ்ஞான விதிசெய்தல்' (தியரைஸிங்கு) என்று பெயர்.

பண்டைக் காலத்தில் அறிவால் கவனிக்கப்பட்ட விஷயங்கள் உடனுக்குடன் செயலாற்றப் பயன் பட்டன. பிற்காலங்களில் பல விஷயங்கள் கண்டு பிடிக்கப்பட்டபோது, அவை செயலாற்றப் பயன் படாதவாறும் இருந்து வந்தன. அதனாலேயே, இக்காலத்தில் விஞ்ஞானவிதியியல் (தியரி) அறிந்த விஷயங்களில் சிலவே நடைமுதலான காரியங்களில் பயன்பட்டு வருகின்றன. அக்காலத்துத் தொழின் முறைகளை யொட்டிய அறிவினின்றே இக்காலத்து விஞ்ஞானம் வளர்ந்துள்ளது. வேளாண்மை, கட்டிடத் தச்சுவேலை, கருமாரக் கன்னாரத் தொழில்

கால்நடை வளர்த்தல், வேட்டுவத்தொழில், செம் படவத்தொழில், சாயமேற்றுந்தொழில், சாராயங் காய்ச்சுந்தொழில், வைத்தியம், மாலுமித்தொழில், சுரங்கத்தொழில், இன்னோரன்னபல தொழிற்கலை களின் பாற்பட்ட அனுபவ அறிவையே, விஞ்ஞான விதியியல் மூலாதாரமாய்க்கொண்டது. தொழிற் கலைகள் ஓங்குவதினாலேயே, விதியியல் விஞ்ஞானத் திற்கு மதிப்பு ஏற்படும். விதியியல் விஞ்ஞானத் துடன் தொடர்பு கொள்வதினாலேயே, தொழிற் கலைகள் சிறப்புறுகின்றன.

விஞ்ஞான ரீதியாய் நமது ஜில்லாவைக் காண லாம். நமது ஜில்லாவில் பெரும் பகுதி சமவெளி. கிழக்கேயுள்ள கடலினின்று மேற்கே செல்லச் செல்ல நிலமட்டம் படிப்படியாய் உயர்ந்து வருகின் றது.தென்மேற்கே கள்ளக்குரிச்சி தாலூக்கா மலைப் பாங்காயுள்ளது. வடமேற்கே செஞ்சிமலையுள்ளது. கூடலூர்ப் பாங்கில், கடல் மட்டத்திற்குமேல் நூறு அடி உயரமேயான கப்பிக்குன்றுகள் உள்ளன. நமது ஜில்லாவிலுள்ள முக்கிய ஆறுகள், செஞ்சி யாறு, பெண்ணையாறு, கடிலம், உப்பனாறு, வெள் ளாறு, கொள்ளிடம், என்பவை. அவை எல்லாம் மேற்கேயிருந்து கிழக்கே செல்கின்றவை. நிலவியல் மூவகையானது. ஒன்று கருஞ்சேற்றியலானது. முப் பது சதவீத நிலங்கள் அவ்வாறுள்ளவை. மற்ற வகைகள் முறையே, செம்மண்ணியலும், வெண்மண் ணியலுமானவை. வெண்மண்ணியல் மூன்று சத வீதமுள்ளவை. சிதம்பரம், கூடலூர் தாலூக்காக்

களில் நஞ்செய் நிலம் அதிகம். மற்ற தாலூக்காக்களில் புஞ்செய் நிலமே அதிகம். ஒருவகை சாகுபடியும் செய்யப்படாது விடப்பட்ட நிலம் சொற்பமே. முப்பத்திரண்டு சத வீதமான நிலம் காடுகளாயுள்ளது.

நமது ஜில்லாவில் ரஸ்தாக்கள், இருப்புப்பாதைகள், முதலான போக்குவரத்துச் சாதனங்கள் சுமாராயுள்ளன. வேளாண்மை முக்கிய தொழில். மீன் பிடித்தல், நெசவுத்தொழில், நுயத்தொழில், சிறிதளவு முக்கியமானவை.

இயற்கையாயமைந்த வசதிகள் எவை, செயற்கையாய் அமைக்கப்பட்ட வசதிகள் எவை, எனச் சுருக்கமாய் அறிந்துகொண்டோம். இனி வரும் அத்தியாயங்களில் விஞ்ஞான ரீதியாய் அறியப்பட்டுள்ள விஷயங்களைப்பற்றித் தெரிந்துகொள்வோம். அவற்றையொட்டி, இன்னும் எவ்வளவுவரை அவ்வசதிகளை அதிகரித்துக்கொள்ளலாம், எனக் காணலாம்.

II

வெல்லும் உயிரும்

இற்றைக்கு ஒரு கோடி ஆண்டுகளுக்குமுன் மக்களினம் தோன்றியது. அக்காலத்து மக்கள் விலங்குகளைப்போன்று நடமாடினர். அதன் பிறகே முன்கால்களைக் கைகளாய் உபயோகிக்கும் இற்றை மனிதரினம் பரிணமித்தது. அவரிடை அறிவு அரும் பிற்று. கண்கள் முகத்தின் முன்வாட்டத்தில் அமைந்தமையின் வேலைசெய்யும் திறமையும் அதிகமாயிற்று. கல்லாயுதங்களைச் செய்ய அறிந்தனர். தீயைக் கண்டுபிடித்தனர்.

உராய்வதினின்றே தீ உண்டாக்கப்படுகின்றது. தீயினால் பதார்த்தங்களின் தன்மையும் மாறுபடுகின்றது என நாம் அறிவோம். பொருள்களின் பதன் வேறுபட்டு அவை வேறே பொருள்களாவதற்கு 'ரஸாயன மாற்றம்' என்று பெயர். உராயும் போது வேலை செய்கிறோம். சக்தி செலவழிக்கப்படுகின்றது. ரஸாயன மாற்றத்தின்போதும் சூடு மாற்றம் உண்டாகின்றது. எனவே அவ்வகையிலும் சக்தியினளவு வேறுபடுகின்றது. ஆகவே, வேலை செய்தல், சூடு, ரஸாயனம்—என்பவை எல்லாம் வெவ்வேறு விதமான சக்திகளே என அறியலாம். நாம் உண்ணும் உணவு உடலில் ஜீரணமாகி, நாம் வேலை செய்வதற்கான சக்தியைத் தருகின்றது. நமது உடலினுள் ரஸாயன தொழிற்சாலையுள்ளது, எனலாம். நீராவி எஞ்சின்களிலும், மோட்டார் கார்

களிலும், நிலக்கரி - கட்டை - எண்ணெய் முதலா னவை எரிக்கப்பட்டு, சூடு உண்டாகி, அச்சூடு,வேலை செய்தற்கான சக்தியாய்ப் பயன்படுகின்றது. நமது உடலிலும், நமது உணவு ரஸாயன மாற்றமாகி வேலைக்கான சக்தியைத் தருகின்றது. நமது உடலில் நடைபெறும் காரியங்கள் எவ்வாறு செய்யப்படுகின் றன என்பதைத் தெரிந்துகொண்டால், வெளியே நடைபெறும் நிகழ்ச்சிகளுக்கான காரணங்களும் தெளிவாகும்.

நமது உடலில் எலும்பு, தசை, நரம்பு, தோல், இரத்தம் இன்னோரன்ன பல பொருள்கள் உண்டு. அவை தக்கவாறு யாக்கப்பட்டுள்ளன. உயிருட னிருக்க மூச்சு விட்டுக்கொண்டிருக்கிறோம்; நீரை யும் உணவையும் அருந்துகிறோம்; சக்தியைப் பெறு கிறோம்; வேலை செய்கிறோம். கர்மேந்திரியங்கள் வேலை செய் உறுப்புகள். ஞானேந்திரியங்களால் நமது சூழ்நிலைமையை (என்வைரன்மண்டை) உணர் கிறோம். ஜனனேந்திரியங்களையொட்டி இனப்பெருக் கம் உண்டாகிறது. ஒவ்வொரு உடலுறுப்பும், முறையே, அதனதன் தன்மையான அடிப்படை 'ஸெல்கள்' என்ற நுண்பாகங்களால் அமைந்தது. எலும்புகள் எலும்பு ஸெல்களாலானவை; தசைகள் தசை ஸெல்களாலானவை; அவ்வாறே பலவும்.

ஸெல்களின் தன்மைகள் வேற்றுமையானவை யாயினும், எல்லா ஸெல்களுக்கும் பொதுவான அமை முறை உண்டு. ஒவ்வொரு ஸெல்லும் உயிருடனுள் ளது. ஸெல்லின் அமைபொருள் ஜீவாணம் (புரோட

பிளாஸம்) எனப்படும். செல் ஒன்றில் இரண்டு முக்கியமான பகுதிகள் உண்டு. அவை, அதன் நடு வாட்டத்துள்ள 'நடுமுதல்' (நியூக்ளியஸ்) என்ற கருவும், சுற்றுமுள்ள 'செல்லாணம்' (சைடோ பிளாஸம்) என்ற பொருளும். செல்லைச் சுற்றிலும் சுவர் போன்ற சார்பமைப்பு உள்ளது. அதற்கு 'செல்சுவர்' என்று பெயர். செல்லினுள், 'பிளாஸ் மாமெம்ப்ரேன்' - பிளாஸ்டிட்டுகள் - கால்கைக் கருவி - நடுப்பொட்டுகள் (ஸெண்ட்ரியோல்கள்), குரோமாடின், என்றவை உள்ளன. ஒவ்வொரு பிராணியினமும் ஒவ்வொரு பயிரினமும் முறையே, அதனதற்கென்ற தினுசான குரோமாடினுடனுள் ளது. இனத்தினின்று இனம் வேறுபடல் குரோ மாடினினியலாலேயே. தலைமுறைத்தத்துவ ரீதியே பெற்றோரிடமிருந்து இளவல்களுக்குச் செல்பவை, குரோமாடின் பகுதிகளே.

ஒன்றேயான செல்கூட உயிரின் எல்லாப் போக்குகளுடனும் கூடியது. அது அசையக்கூடும்; உண்ணும்; ஜீரணிக்கும்; வளரும்; ஒன்று பல வாய்ப்பெருகும்; உணரும். செல் ஒன்றினுலேயே யமைந்த ஜந்துகள் உண்டு. அவை அளவில் சிறியவை; வலிமை குறைந்தவை; அற்ப ஜந்துகள், எனப்படுபவை. ஒரு மனிதன் தனக்கு வேண்டிய வற்றையெல்லாம் தானே செய்துகொள்ள இயலும். ஆனல், எல்லா வேலைகளையும் தானே செய்யும் போது, ஒவ்வொன்றையும் சிறப்பாய்ச் செய்தல், கடினம். அவ்வாறே, ஒரே செல்லமைப்பான ஜந்து

கள் சிறந்தவையாயிருத்தல் கடினம். ஒரு சமுதாயத்திலுள்ளவர், முறையே, தத்தமக்கான வேலையைச் செய்து வந்தால், எல்லா வேலைகளும் சிறப்புற நடைபெறும். பலசெல் பிராணிகள் அவ்வாறுளவை. நமது குடல் செல்கள் உணவைப்பதனுக்குவதில் சிறந்தவை. தசை செல்கள் அசைவதில் சிறந்தவை. நரம்பு செல்கள் உணர்வதில் சிறந்தவை. ஆகவே நமது உடலின் காரியங்கள் யாவும் சிறப்புற நடையேறுகின்றன.

இனிவரும் அத்தியாயங்களில், நமது உடலுறுப்பு செல்கள் தத்தம் பணியை எவ்வாறு செய்கின்றன என்பதைக் கவனிக்கலாம்.

III

எலும்பும் தசையும் பொறிச்சாதனங்களும்

நமது உடலிலுள்ள பாகங்கள் பலவற்றையும் தாங்கிக்கொண்டிருப்பது நமது எலும்புக்கூடு. எலும்புகள் 'லிகமண்டுகள்' என்ற நாண்களால் பிணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. அவ்வாறு பல சட்டங்கள் பொருத்தப்பட்டமைந்துள்ளது, எலும்புக் கூடு. நாம் செய்யும் வேலைகளுக்கு ஆயுதங்கள் போன்று பயன்படுபவை, எலும்புகளே. உடலுக்குள் நிகழ்கின்ற இரத்தவோட்டம், செரிமானம், முதலான அலுவல்கள் ஒவ்வொன்றுக்கும், அதனதற்கான பாகவமைப்பு உண்டு. அவை இடம் சரியாமல் இருக்கும்படி தாங்கிக் கொண்டுள்ளவை, எலும்புகளே. உடலிலுள்ள அவயவங்கள் பலவும் தக்கவாறு அசைவதற்குக் காரணமான தசைகளும் எலும்புகளுடன் 'டெண்டன்கள்' என்ற நார்களால் கட்டப்பட்டுள்ளவை.

எலும்பு வலிமையும் கெட்டியுமானது. அது 'கால்ஷியம் பாஸ்பேட்' என்ற பொருளாலானது. எலும்பின் வெளிப்பாகம் யானைத் தந்தத்தைப் போல் கெட்டியாயிருக்கும். அதன் உட்பாகம், குறுக்கும் நெடுக்குமாய்ப் பின்னல் வலையினமைப்புடன், பல எலும்பியல் வஸ்துக்களைக்கொண்டதாய் இருக்கும். அவற்றினிடையிலுள்ள இடுக்குகள் எலும்பு நல்லி நிரம்பி இருக்கின்றன. எலும்பு உயிருடனுள்ள பொருள். அதில் பல்லாயிரக்கண க்

கான இரத்தப்புரைகள் (பிளட்வெஸல்கள்) எல்லாத் திக்குகளிலுமாய் ஓடிக்கொண்டுள்ளன. அவற்றின் வழியே இரத்தம் பாய்ந்து எலும்பை யூட்டுகின்றது. எலும்பில், ஏராளமான சிறு பள்ளங்கள் காணப்படும். அவை, ஒவ்வொன்றும், ஒவ்வொரு எலும்பு ஸெல்லைக்கொண்டவை. அவை தொடர்பாயுள்ளன. எலும்புகள் பழுதுபடினும் செப்பனுகும் தன்மையினவை.

எலும்புக் கூட்டிலுள்ள எலும்புகள் ஒவ்வொன்றும், அதுவது செய்யவேண்டிய அலுவலுக்குத் தக்கவாறு அமைந்துள்ளது. மனிதன் நிற்கும் போது, அவன் பாரம் முழுவதையும், குதிக்காலினின்று விரல்கள் வரை பரவியுள்ள எலும்புகள் தாங்குகின்றன. அவ்வெலும்புகளெல்லாம் பாலத்திலுள்ள வளைவுபோல் பொருந்தியுள்ளன. கணுக்கால் எலும்புகள் கெண்டைக்கால் எலும்புகளைத் தாங்குகின்றன. அவ்வெலும்புகள் முழங்காலில் தொடை எலும்புடன் சேர்கின்றன. காலின் எலும்புகள் சுமை தாங்கும் ஆதாரத் தூண்கள் போலவும், நடப்பதற்கும் ஓடுவதற்கும் தகுதியான வாறும், அமைந்துள்ளவை. தொடை யெலும்புகள் இடுப்பெலும்புடன் பூட்டப்பட்டவை. இடுப்பெலும்பு, முதுகெலும்புப் பகுதிகளிலொன்முன மும்மடக்கெலும்புடன் இருத்தப்பட்டுள்ளது. இடுப்பெலும்பு வயிற்றிலுள்ள பல முக்கியமான உறுப்புகளையும் முதுகெலும்புடன் தொடுக்கப்பட்ட முக்கியமான உறுப்புகளையும் தாங்குகின்றது. முதுகெலும்பு

எலும்பு வளையங்களாலான அடுக்கு. அவ்வளையத்தின் பின்பாகத்து வட்டத்துளைகள் குழாயைப்போல் அமைந்துள்ளன. அக்குழாயினுள் வெரிந்தண்டு (ஸ்பைனல் கார்டு) இருக்கும். நடுவாட்டத்து முதுகெலும்புகளுடன் பழுவெலும்புகள் இருத்தப்பட்டுள்ளன. மத்தியில் ஏற்படும் பீப்பாய் போன்ற இடத்தில், இருதயம், நுரையீரல், முதலான முக்கிய உறுப்புகள் உள்ளன. பழுவெலும்புகள் அவற்றை ஆவரணஞ் செய்கின்றன. மேற்கை எலும்புகள் தோள்பட்டை எலும்புகளுடன் பொருத்தப்பட்டவை. தோள்பட்டை எலும்புகள் காறையெலும்புகளுடன் பொருத்தப்பட்டவை. மேற்கை எலும்பு முழங்கையில் கீழ்க்கை எலும்புகளுடன் சேர்கின்றது, மணிக்கட்டில் பொத்துக்கை எலும்புகள் சேர்கின்றன. கையெலும்புகள் பல திக்குகளிலும் வீசப்படவும் நுட்பமாய் வேலை செய்யவும், தக்கவாறு அமைக்கப்பட்டவை. முதுகெலும்பு மண்டையோட்டுடன் சேர்கின்றது. கீழ்த்தாடை எலும்பும் மண்டையோட்டுடன் பொருந்துகின்றது. மண்டையோடு மேல்தாடை, மூக்கெலும்பு, மூளை மூடி என்ற பாகங்களைக்கொண்டது. மூளை மூடி தகடுகள் போன்ற எலும்புகளைக்கொண்டது.

மூட்டுகள் வலிமையானவை. எலும்பு முறிதல் சகஜம்; மூட்டுக்கழலுதல் அரிது. மூட்டுகளில் பல வகைகள் உண்டு. அவற்றில் முக்கியமானவை, குடைக்கல் மூட்டு (பால் அண்டு ஸாக்கட் ஜாயிண்டு), கீல்மூட்டு (ஹிஞ்சு ஜாயிண்டு)

ளனப்படுபவை. தோள்பட்டை-மேற்கை எலும்பு, இடுப்பு-தொடையெலும்பு, என்பவை குடைக்கல் மூட்டுப்பொருத்தமானவை. அவ்வகை மூட்டுகள், கையையோ, காலையோ எல்லா வாட்டங்களிலும் அசைக்க இடந்தருகின்றவை. முழங்கை, முழங்கால் விரல்கள், முதலியவை, கீல்மூட்டுகள். கீல்மூட்டுகள் ஒரு வாட்டத்தில் அசைக்கவே இடந்தருகின்றன. நமது உடலிலுள்ள மூட்டுகளில் பெரும்பாலானவை கீல் மூட்டுகளே.

தசைகளால் இழுபடுவதால் எலும்புகள் அசைகின்றன. தசைகளால் இழுக்க முடியுமேதவிர, தள்ளமுடியாது. தசையொன்று ஒரெலும்பை ஒரு வாட்டத்தில் இழுக்கும். அவ்வெலும்பு ஒரு வாட்டத்தில் நகரும். அவ்வெலும்பு முன்னிருந்த நிலைமைக்கு வரவேண்டுமாயின், அது எதிர்வாட்டத்தில் மற்றொரு தசையால் இழுக்கப்படவேண்டும், ஆதலின் ஒவ்வொரு முழு அசைவும் இரண்டு தசைகளைக் கொண்டே நிகழ்கின்றது. தசை ஒன்று சுருங்குகின்றது. ஒரு எலும்பை இழுக்கின்றது. தசை சுருங்கும்போது சற்று தூரம் அதிக வலிமையுடன் நகர்கின்றது. எலும்பு குறைந்த வலிமையுடன் அதிக தூரம் நகர்கின்றது. அவ்வாறான தசைகளைக் கொண்டு நாம் பல வேலைகளையும் செய்கிறோம். வேலை செய்யப்படும்போது, மூட்டு ஒன்று நிலையாய் உள்ளது. அதற்கு ஒரு வாட்டத்தில் தசை சுருங்கு வலிமை பிரயோகிக்கப்படுகின்றது. மற்றொரு வாட்டத்தில் அவ்வலிமை உபயோகிக்கப்படுகின்றது. நிலத்தினுள் சற்றுப் புதைந்தவாறுள்ள கல்லொன்றை

பாரையைக்கொண்டு கிளப்பும்போது, அவ்வாறே வேலைசெய்யப்படுகின்றது. பாரையை ஒரு சிறு கல்லின்மீது வைத்து, அதன் ஒரு நுனியைப் பெருங் கல்லின் கீழ் பொருத்தி, மற்றொரு நுனியை அழுத்து கிறோம். சிறுகல் மூட்டைப் போலுள்ளது. ஒரு வாட்டத்து நாம் பிரயோகிக்கும் வலிமை, தசைகள் வலிமையைப் பிரயோகிப்பதை ஒத்துள்ளது. அவ் வலிமை கல்லைப் பெயர்க்க உபயோகிக்கப்படல் தசை வலிமை எலும்பை இழுத்து கையை இயக்கு வதை ஒத்துள்ளது. பாரை 'நெம்புகோற் சாதனம்' (லீவர்) எனப்படுகின்றது. ஓரிடத்தில் பிரயோகிக் கப்படும் வலிமை மற்றோரிடத்தில் உபயோகப்படு மாறு செய்யும் சாதனங்களிலொரு வகையானது 'நெம்புகோற் சாதனம்' (லீவர்). நமது உடலி லுள்ள அவயவத் தசைகள் நெம்புகோற் சாதன முறையை யொட்டி வேலை செய்கின்றன.

நமது தசைகள், நாம் ஓடவும் ஆடவும் வேலை செய்யவும் உபயோக படுவதன்றி, சும்மா இருக்க வும் உதவுகின்றன. பிணம் உட்காரவும் நிற்கவும் முடியாது. உயிருடனுள்ள ஒருவர் உட்காரவும் நிற்கவும் இயலும். அப்போது, தசைகள் நேர்-எதி ரான வாட்டங்களில் இழுத்துக்கொண்டுள்ளதினு லேயே, நிலை குலையாதுள்ளார். பல வாட்டங்களில் செல்லும் கயிறுகளைக்கொண்டு ஒரு கம்பம் நிறுத் தப்படுவதைப்போல, பல வாட்டங்களிலும் இழுக் கும் தசைகளைக்கொண்டு உடல் நிமிர்ந்த வாறு நிறுத்தப்படுகின்றது.

எலும்புகளை ஆட்டுகின்ற தசைகளைத் தவிர, வேறு பலவகை அலுவல்களைச் செய்கின்ற தசைகளும் உண்டு. உணவை விழுங்குதல், வயிற்றில் அதைக் கடைதல், குடலில் அதைக் கசக்கிப் பிழிதல், கிரந்திகளினின்று சாறுகள் கசிதல், இருதயம் துடிதுடித்துக்கொண்டிருத்தல், இன்னோரன்ன பல வேலைகளும் தக்க தசைகளினாலேயே செய்யப்படுகின்றன. தசைகள் வேலை செய்யும் சக்தி அவற்றில் ரஸாயன மாற்றமாகும் குளுகோஸ், காற்று என்றவற்றின் ரஸாயனச் சக்தி மூலம் பெறப்படுகின்றது.

தசைகளில் முக்கியமாக இருவகைகள் உண்டு. அவை நமது விருப்பத்திற்கு இணங்கியவை (வாலண்டரி) என்பவையும், தாமாகவே வேலை செய்கின்றவை (இன்வாலண்டரி) என்பவையும். கை, கால், முதலிய அவயவங்களிலுள்ளவை 'வாலண்டரி' தசைகள், இருதயம், நுரையீரல், குடல் முதலான உள்ளுறுப்புகளில் உள்ளவை, 'இன்வாலண்டரி தசைகள்.'

தசைகள் தரும் வலிமை நெம்புகோல் முறையையொட்டி வேலை செய்ய உபயோகிக்கப்படுகின்றது, என, மேலே கூறினோம். அந்நெம்புகோல் முறையைப்பற்றி மேலும் கவனிக்கலாம். பாரையை நெம்பு கோலாய் உபயோகிக்கும் விதத்தைக் காண்போம். ஓரிடம் நிலையாய் உள்ளது. அதற்கு, 'நிலையி' (பல்கிரம்) என்று பெயர். ஓரிடத்தில் வலிமை பிரயோகிக்கப்படுகின்றது. அவ்வலிமைக்கு 'விசை' (பவர்) என்று பெயர். அவ்விடத்திற்கும் நிலையியுக்

கும் இடைப்பட்ட தூரத்திற்கு 'விசைக்கை' என்று பெயர். வேலை செய்யப்படும் இடத்தில் சக்தி உபயோகிக்கப்படுகின்றது. அங்குள்ள வலிமை 'எதிரெடை' எனப்படும். அவ்விடத்திற்கும் நிலையியுக்கும் இடைப்பட்ட தூரம் 'எடைக்கை' எனப்படும். நெம்பு கோல் (லீவர்) ஒன்றில், 'நிலையி', 'எதிரெடை'க்கும், 'விசை'க்கும் இடையில்தான் இருக்க வேண்டும் என்றில்லை. அவற்றில் எதுவொன்றுமாயினும் மற்றவற்றினிடை இருக்கலாம். அவை எவ்வாறு அமைந்திருந்தபோதிலும், 'எதிரெடை× எதிரெடைக்கை=விசை×விசைக்கை' என்ற அளவைத் தொடர்பு ஏற்பட்டிருக்கும். அதுவே, நெம்பு கோல் முறையை யொட்டிய விஞ்ஞான விதியாம். கத்தரிக்கோல், குரடு, சாமணம், ஏற்றமரம், தேர்-உலுக்கு மரம், முதலானவை நெம்புகோற் சாதனவியலானவை.

'நெம்புகோல்' (லீவர்), 'எளிய மெஷின்கள்' எனப்படும் சாதன வகைகளிலொன்று. சகடைகளை அமைத்து, ஓரிடத்துப் பிரயோகிக்கப்படும் வலிமை மற்றோரிடத்தில் உபயோகப்படுமாறு செய்யலாம். அவ்வமைப்புகள் 'கப்பியியல்' (புல்லி) மெஷீன்கள் எனப்படும். பல கப்பிகளமைக்கப்பட்ட 'எடை தூக்குக்கொக்கு' (கிரேன்) என்ற மெஷீன்களை நாமெல்லோரும் அறிவோம். 'சாய்வுதளம்' (இன்க்ளைன்டுபிளேன்) என்றது மற்றொரு வகை எளிய மெஷீன். சாய்வுச் சாரங்கள் கட்டி கற்களைத் தூக்கிச் செலுத்தும் வகையை நாமெல்லோரும் அறி

வோம். திருகாணி, ஆப்பு முளைகள் முதலானவை யும் எளிய மெஷீன் சாதனங்களே.

எல்லா வகை எளிய மெஷீன்களிலும் எதிரெடைக்கும் விசைக்குமான வீதம் 'பொறிப்பயன்' (மெகானிகல் அட்வான்டேஜ்) எனப்படும். 'பொறிப் பயன்' அதிகமாவதால், 'வேலை' அதிகமாவதில்லை. சிறிதளவான வலிமையைக்கொண்டு பெரிதளவான வலிமையை உபயோகித்து வேலை செய்விக்கப்படலாம். வேலையினளவு, வலிமையை, அவ்வலிமைப் படுமிடம் நகரும் தூரத்தால் பெருக்குவதால் பெறப் படும் அளவாம். எளிய மெஷீன் ஒன்றைக்கொண்டு சிறிதளவு வலிமை அதிக தூரத்திற்குப் பிரயோகிக் கப்பட்டு, பெரிதளவு வலிமை சிறிது தூரம் நகருமாறு வேலை செய்யலாம். பாரையைக்கொண்டு கல்லைக் கிளப்பும்போது, அவ்வாறு செய்யப்படுகின்றது. அன்றி, பெரிதளவு வலிமை சிறிது தூரம் நகர்வதால், சிறிதளவு வலிமை அதிக தூரம் பிரயோகிக்கப்படலாம். நமது உடலின் தசைகள் அவ்வாறு வேலை செய்பவை. எப்போதும், செய்யும் வேலையும், செய்யப்படும் வேலையும் ஒரே யளவினவாயிருக்கும். எளிய மெஷீன்களைக்கொண்டு வேலை செய்யும்போது, சிறிதளவான வேலை உரசலால் ஏற்படும் வலிமையை எதிர்த்து வீணாகின்றது. செய்யும் வேலை முழுதும் பயனுறு வேலையாய் செய்யப்படுவதில்லை. ஆகவே, உரசலைக் குறைக்கும் பொருட்டு, எளிய மெஷீன்களின் பாகங்கள் வழுக்கலாக்கப்படுகின்றன. (லூப்ரிகேட் செய்யப்படுகின்றன.) ஒரு மெஷீ

2னக்கொண்டு செய்விக்கப்படும் பயனுறு வேலைக்கும், பிரயோகிக்கப்படும் சக்திக்குமான வீதம் மெஷீனின் 'நிறைவேற்றுத்திறன்' (எபிஷியன்ஸி) எனப்படும். பிரயோகிக்கப்படும் சக்தி, இயக்கச் சக்தியாகத்தான் இருக்கவேண்டும் என்றில்லை. சூட்டுச் சக்தியாகவோ, ரஸாயனியச் சக்தியாகவோ, வேறு எவ்வகைச் சக்தியாகவோ இருக்கலாம். வேறு வகைச் சக்திகளை, இயக்கச் சக்தியாய் மாற்றியமைக்கும் சாதனங்கள் 'எஞ்சின்கள்' எனப்படுபவை. நீராவி எஞ்சினின் 'நிறைவேற்றுத்திறன்', 15%—25% ஆகவும், மோட்டார் எஞ்சினினது, 20%—35% ஆகவும், உள்ளது. ரஸாயனச் சக்தியைக்கொண்டு வேலை செய்யும் நமது தசை எஞ்சின்களின் நிறைவேற்றுத்திறன் 30%—45% வரை உள்ளது.

IV

இரத்தமும் அமுக்கமும்.

நமது உடலில் நடைபெறும் காரியங்கள் எல்லாம், நமது அவயவங்களால் செய்யப்படும் வேலைகள் எல்லாம், தசைகள் தக்கவாறு இயக்கமாவதினாலேயே, நடந்தேறுகின்றன. அவ்வியக்கத் திற்கான சக்தி, அவற்றிற்கு ஊட்டப்படும் குளூகோஸ் என்றதின் ரஸாயன மாற்றத்தையொட்டியே பயக்கப்படுகின்றது. குளூகோஸும் காற்றும் ரஸாயனியமாகச்சேர்வதால், கார்பன் டைஆக்ஸைட் வாயுவும், நீரும் ஏற்படுகின்றன. கார்பன் டைஆக்ஸைட் நுரையீரல்களின் வழியே உடலினின்று வெளியேற்றப்படுகின்றது. நீர், கழிவு நீக்கும் உறுப்புகளால் வெளியேற்றப்படுகின்றது. ஆகவே, தசையொன்று வேலை செய்வதற்கென, அதற்கு குளூகோஸும் காற்றும் ஊட்டப்படவேண்டும். அவ்வூணும் காற்றும் கரைந்துள்ள திரவமொன்று அவற்றிற்குப் பாசனமாய்க் கொண்டுள்ளது. அத்திரவமே, இரத்தம்.

இரத்தம் இருதினுசானது. ஒரு தினுசு செக்கர் சிவப்பாய் பளபள வென்றிருக்கும். அது பாய்குழாயியல் (ஆர்டீரியல்) இரத்தம். மற்றொரு தினுசு பச்சைகலந்த சிவப்பாய் மங்கலாயிருக்கும். அது வடிகுழாயியல் (வீனஸ்) இரத்தம். இரு தினுசு இரத்தங்களிலும், தெளிவான மஞ்சள் நிறத்திரவமுள்ளது. அதற்கு 'பிளாஸ்மா'. என்று பெயர்.

அதில் பிப்ரினோஜன்-ஸீரம்-ஆல்ப்யூமன் ஸீரம் கிளாப்யுலின்-குளூகோஸ்-கால்ஷியப் பொருள்கள் சில-என்றவை கரைந்துள்ளன. பிளாஸ்மா வழியாகவே ஜீரணமான உணவினின்று கிளைகோஜன் தசைகளுக்குச் செல்கின்றது. பாய்குழாய் இரத்தத்தின் சிவப்பு நிறம் அதிலுள்ள 'செங்கார் புஸல்கள்' என்பவற்றின் காரணமானது. செங்கார் புஸல் ஒவ்வொன்றிலும் 'ஹெமோகுளோபின்' என்ற பச்சைச் சிவப்பு வஸ்து உள்ளது. அது நுரையீரலினின்று கிடைக்கும் மிகுதி ஆக்ஸிஜனுடன் சேர்ந்து ஆக்ஸி—ஹெமோகுளோபினாகின்றது. தசைகளில் பாயும்போது அம்மிகுதியான ஆக்ஸிஜன் தசைகளால் எடுத்துக்கொள்ளப்படும். ஆக்ஸிஹெமோகுளோபின் பளபளப்புச் சிவப்பு நிறமானது. பாய் குழாய்கள் (ஆர்டரிகள்) வழியே தசைகளுக் குச் செல்லும் இரத்தம் அவற்றைக் கொண்டுள்ளமையின் அவ்விரத்தமும் அந்நிறமாயுள்ளது. தசைகளினின்று வடி குழாய்களின் (வெயின்களின்) வழியே வரும் இரத்தத்தில், ஆக்ஸிஜனை இழந்த வெறும் ஹெமோகுளோபின்களே உள்ளன. அதையொட்டி அவ்விரத்தம் மங்கல் பச்சை - சிவப்பு நிறமாயுள்ளது.

உடலின் வயிற்றுப் பகுதியிலுள்ள 'மண்ணீரல்' (ஸ்ப்ளீன்) என்ற உறுப்பில் செங்கார்புஸல்கள் அடர்ந்துள்ளன. அவ்வுறுப்பு செங்கார்புஸல்கள் நிரம்பிய சேமவாவி (ரெஸர்வாயர்) எனலாம். உடலில் எங்கேயாவது திடீரென அதிக ஆக்ஸிஜன்

தேவையானபோது, அதிலுள்ள செங்கார்புஸல்கள் அப்பகுதிக்கு அனுப்பப்படும்.

செங்கார்புஸல்களைத் தவிர வெண்கார்புஸல்களும் இரத்தத்தில் உள்ளன. அவை வேறு தன்மையானவை. அவை சுயேச்சையான சிறு ஜந்துக்களைப் போல் நடமாடுகின்றன. அவை உடலின் பல பாகங்களிலும் அலைந்துகொண்டுள்ளன. உடலில் இருக்கக்கூடாத அன்னிய வஸ்துகளை அழித்துவிடுவதே அவற்றின் தொழில். அவற்றை அருந்திவிடுகின்றன. உடலுக்குள் தோட்டி வேலையும், போலீஸ் வேலையும் செய்பவை, வெண்கார்புஸல்கள்.

இனி உடலினுள் எல்லாப் பாகங்களுக்கும் இரத்தம் பரவுவதற்கான இரத்தவோட்ட முறையைக் கவனிப்போம். இரத்தம் உடல் முழுதும் பாசனமாகின்றது. நாம் ஓய்ந்திருக்கும்போது கூட, நமது உடலிலுள்ள இரத்தம் முழுதும் ஒவ்வொரு நிமிஷமும் ஒவ்வொருதடவை இருதயத்தின் வழியே பாய்கின்றது. உடலிலுள்ள ஸெல்களுக்கெல்லாம் ஊட்டமெடுத்துச் செல்வது இரத்தமே எனக்கூறியுள்ளோம். ஒவ்வொரு ஸெல்லின் அருகிலும் மயிரிழைக்குழாய்கள் (காபில்லரிகள்) உள்ளன. அவை, நெருக்கமாய் பின்னப்பட்ட வலையைப்போல் அமைந்துள்ளன. உடலின் பாகமொன்றில் இரத்தவோட்டம் நடைபெறுவதைக் கவனிப்போம். கையைக் காண்போம். இருதயத்திலிருந்து ஆர்டரிகள் வழியே மணிக்கட்டு பாகத்திற்கு இரத்தம் வருகின்றது. மணிக்கட்டிலிருந்து சற்றுச் சிறிய

ஆர்டரிகள் கிளைபிரிந்து கைப்பகுதிகளினுள் செல்கின்றன. அவை இன்னுஞ் சிறிய கிளைகளாய்ப் பிரிகின்றன. அப்படியே வரவரச் சிறிய கிளைகளாய்ப்பிரிந்து கண்ணுக்குத் தெரியாத மயிரிழைக் குழாய்களாய்ப் பரவுகின்றன. இரத்தம் அவற்றினூடே பாய்கின்றது. மயிரிழைக் குழாய்கள் கூம்பி வந்து சற்றுப்பெரிய குழாய்களாய்ச் சேர்கின்றன. அவை சேர்ந்து சிறு வடிகுழாய்களாய் (வெயின்களாய்) அமைகின்றன சிறுவெயின்கள் சேர்ந்து பெரும் வெயின்களாய்ச் செல்கின்றன. அவை மணிக்கட்டிலிருந்து இருதயத்திற்குச் செல்லும் வெயின்களுடன் சேர்கின்றன. கையில், ஆர்டரிகளும், காபில்லரிகளும் வெயின்களும் அமைந்துள்ளதைப் போலவே, உடலின் மற்ற பாகங்களிலும் அக்குழாய்கள் அமைந்துள்ளன. இருதயத்தினின்று இரத்தம் பாசனமாகி இருதயத்திற்கு வடிகின்றது. உடல் முழுதும் இரத்தவோட்டம் நடைபெறுகின்றது.

இருதயம் நீரிறைக்கும் பம்புவைப்போன்று வேலைசெய்வது. அதில் இரு முக்கிய அறைகள் உண்டு. அதன் வலப்புற அறையில் உடலில் பாசனமாகி வடியும் இரத்தம் செல்கின்றது. அவ்விரத்தத்தில் ஆக்ஸிஜன் குறைந்திருக்கும். அது நுரையீரலுக்கு பம்புசெய்யப்பட்டு, ஆக்ஸிஜன் நிரம்பினதாகி வந்து இடப்புற அறைக்குச் செல்லும். அங்கிருந்து, 'அயோர்டா' என்ற முக்கிய ஆர்டரியின் வழியே வெளியே பம்பு செய்யப்பட்டு உடலில் பரவி

வரும். ஒரு பகுதி குடற்பக்கம் சென்று ஊணேற்ருகி பரவும்; மற்ருெரு பகுதி குண்டிக்காய்களுக்குச் சென்று கசடுகளைக் கழித்துவரும்.

இருதயம் இரண்டு பையறைகள் சேர்ந்துள்ள தைப்போன்ற அமைப்பு. அவை சுருங்கி விரிந்து சுருங்கி விரிந்துகொண்டேயுள்ளன. அவை சுருங்கும்போது இருதயத்திலுள்ள இரத்தம் அமுக்கப்பட்டு பம்பு செய்யப்படும். விரியும்போது அமுக்கம் குறைவதால் இரத்தம் உள்ளே வாங்கப்படும். நீரிறைக்கும் பம்பிலும் அமுக்கம் அதிகமாதல் - அமுக்கம் குறைதல் - என்ற கிரமத்தை யொட்டியே நீர் இறைக்கப்படுகின்றது. எனவே, இருதயம் இரத்தத்தை பம்பு செய்யும் முறையும், நீரிறைக்கும் பம்பின் முறையும் ஒன்றேயாம். இருதயம் தன் வேலையை எப்படிச் செய்கின்றது எனக் கவனிக்கலாம். இருதயத்தின் இருபைகளில் மேலுள்ளது 'ஆரிகிள்' எனப்படும். கீழுள்ளது 'வெண்ட்ரிகிள்' எனப்படும். ஒவ்வொன்றும் முறையே இரு அறைகளாய் தடுக்கப்பட்டுள்ளது. அத்தடுப்புகளின் வழியேயும் இரத்தம் ஓரறையினின்று மற்றொன்றிற்குப் போகலாம். இருதயம், 'உள்விடு', 'வெளி - போகு' வால்வுகள் என்ற அமைப்புகளைக்கொண்டது. உள்விடு வால்வுகளின் வழியே இருதயத்தினுள் இரத்தம் வரலாம்; ஆயினும் அவற்றின் வழியே இரத்தத்தை வெளியேற இயலாது. வெளிபோகு வால்வுகள் இரத்தத்தை வெளியேறவிட்டு, உள்வரவொட்டாது, செய்பவை. உடலில் பாய்ந்து

வந்த இரத்தம் இருதயத்தின் வலது வெண்ட்ரிகிளினுள் வந்துகொண்டிருக்கும் நிலைமையினின்று இருதய வேலையைக் கவனிப்போம். இரத்தம் அவ்வாள் கொட்டிக்கொண்டுள்ளபோது, உள்விடு வால்வுகள் திறந்தும் வெளிபோகு வால்வுகள் அடைபட்டும் இருக்கும். இருதயம் விரிந்துகொண்டிருக்கும் இடது வெண்ட்ரிகிளினுள் நுரையீரலினின்று இரத்தம் வந்துகொண்டிருக்கும். பிறகு, ஆரிகிள் சுருங்கத் துவங்கும். அவற்றிலுள்ள இரத்தம் வெண்ட்ரிகிளினுள் செலுத்தப்படும். அதன்பின் வெண்ட்ரிகிள்கள் சுருங்குகின்றன. வெளிபோகு வால்வுகள் திறக்கின்றன; உள்விடு வால்வுகள் அடைபடுகின்றன. வலது வெண்ட்ரிகிளிலுள்ள இரத்தம் நுரையீரலுக்கும், இடது வெண்ட்ரிகிளிலுள்ள இரத்தம் உடலினுள் சுற்றிவருமாறும், பம்பு செய்யப்படுகின்றன.

வலது வெண்ட்ரிகிள்களிலிருந்து இரத்தம் நுரையீரலுக்குள் செல்கின்றது அது வெயின்களின் வழியே வந்த இரத்தம். அதிலுள்ள ஹெமோகுளோபின்கள் காற்றூட்டமில்லாதவை. நுரையீரலில் அவை காற்றூட்டமாகி ஆக்ஸி ஹெமோகுளோபின்களாயாகின்றன. வெயின் இரத்தம் தான் பாய்ந்துவந்த பாகங்களின் கசடுகளாகிய கார்பன் டைஆக்ஸைட் வாயுவையும் கொண்டுவந்துள்ளது. கார்பன் டைஆக்ஸைட் வாயு நுரையீரலால் வெளியேற்றப்படுகின்றது. ஆகவே, உள்ளே மூச்சிழுப்பதால் வரும் காற்றும் இருதயத்தி

லிருந்து வரும் இரத்தமும் நெருங்கி வரும்படி நுரையீரல் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. வெளியேயுள்ள காற்று மூக்கு வழியாகவேனும் வாய் வழியாகவேனும் நுரையீரலினுள் வருகின்றது. காற்று உள்ளே நுழைவதற்கான உறுப்பு, மூக்கு அதிகக் காற்று தேவையானபோதே, வாய் உபயோகிக்கப் படும். உள்ளே வரும் காற்று 'டிராகியா' என்ற மூச்சுக் குழாயின் வழியே வந்து, பிரான்கைகள் எனப்படும் இரு குழாய்களாய்ப் பிரிகின்றது. பிரான்கை ஒவ்வொன்றும் ஒவ்வொரு நுரையீரலுக்குச் செல்கின்றது. பிரான்கைகள் இன்னும் பல சிறு குழாய்களாய்ப் பிரிகின்றன, அவற்றினிடை தேன் கூட்டறைகளைப்போல காற்று செல்கள் அமைகின்றன. அவை 'ஆல்வியோலிகள்' எனப்படுகின்றன. ஆல்வியோலிகளைச் சூழ்ந்தவாறு மெல்லிய மயிரிழை இரத்தப் புரைகள் பரவியுள்ளன. நுரையீரல்கள் உறுதியான உறையொன்றால் போர்க்கப் பட்டுள்ளவை. அவ்வுறை சுருங்கவும் விரியவும் கூடும், அது சுருங்கும்போது நுரையீரல்கள் அமுக்கப்பட்டு அவற்றிலுள்ள வாயுக்கள் வெளியேறுகின்றன. உறை விரியும்போது வெளியிலுள்ள காற்று உள்ளே வாங்கப்படும். அவ்வாறு கிரமமாய் நடையேறிக்கொண்டிருத்தல், 'உயிர்ப்பு' (ரெஸ்பிரேஷன் எனப்படும்.

இருதயம் வேலை செய்யும் முறை நீர் இறைக்கும் பம்பு வேலை செய்யும் முறையை ஒத்தது, எனக் கூறினோம். அப்பம்பு, காற்றின் அமுக்கம் குறை

வதாலும், அதிகமாவதாலும், நிரை இறைக்கிறது எனவும் அறிந்து கொண்டோம். 'அமுக்கம்' என்பதைப்பற்றிச் சற்று விவரமாய்க் கவனிக்கலாம். ஒரு பொருளை அமுக்க வேண்டுமாயின் வலிமையைப் பிரயோகிக்கிறோம். அமுக்கம், வலிமையியலானதே என அறிகிறோம். நமது உள்ளங்கையில் ஒரு கனமான வஸ்துவை வைத்தால், கை அமுக்கப்படுகின்றது. அவ்வமுக்கத்தினளவு அவ்வஸ்துவின் கனத்திற்கு நிகரானது. அவ்வஸ்து ஏன் கனக்கின்றது எனக் கவனிப்போம். ஒவ்வொரு வஸ்துவும் ஓரளவான பருமனுடனும் நிறையுடனும் உள்ளது. அதைத் தாங்காது விட்டால் பூமியை நோக்கி விழுகின்றது. அப்படி அது விழுவதற்குக் காரணம், பூமியின் நிலக்கவர்ச்சி (கிராவிடி) என்ற தன்மையே. அந்நிலக்கவர்ச்சியை யொட்டி, அசைவற்ற பொருளொன்றில் அசைவு ஏற்படுகின்றது. கீழே விழும் பொருளொன்றைக் கவனித்தால், அது விழும் வேகம் வர வர அதிகமாகி வருவதைக் காணலாம் அவ்வாறு வேகம் வேறுபடுவதற்கு 'வேகவீற்று' என்று பெயர். நிலக்கவர்ச்சியால் ஒரு வஸ்துவில் 'வேகவீற்று' (ஆக்ஸிலரேஷன்) பயக்கப்படுகின்றது. அதை யொட்டியும், தன் நிறையை யொட்டியும் அவ்வஸ்து 'வலிமை' யுடையதாகின்றது. வேகவீற்றினளவு அதிகமானாலும், நிறை அதிகமானாலும் வலிமை அதிகமாகின்றது. ஆகவே வலிமை, நிறையையும் வேகவீற்றையும் பெருக்குவதால் பெறப்படும் பெருக்கெண்ணல் அளவிடப்படுவது. ஒரு வஸ்துவின் கனம், அதன் நிறையை நிலக்கவர்ச்சி

வேகவீற்றால் பெருக்குவதால் பெறப்படும் பெருக்கெண்ணினளவினதாகும். திடபதார்த்தத்தின் கனத்தை யொட்டி, அது அமுக்க வலிமையுடனுள்ள போது, அவ்வமுக்கம் கீழ்வாட்டமாகவே பிரயோகிக்கப்படுகின்றது; நிலக்கவர்ச்சி யிழுக்கும் திக்கிலேயே பிரயோகிக்கப்படுகின்றது. கையில் வைத்துக்கொண்டுள்ள வஸ்துவொன்றின் பக்கத்தைத் தொட்டால் அது கையை அமுக்குவதில்லை. ஒரு கல்லை வீசியெறிந்தால் அது செல்லும் திக்கில் வலிமையைப் பிரயோகிக்க வல்லது. திடப்பொருளொன்றின் அமுக்க வலிமை, வலிமைப் பிரயோகிக்கப்படும் திக்கில் மட்டுமே உறைக்கின்றது.

திடப்பொருள்களைத் தவிர, திரவங்களும் வாயுக்களும் உள்ளன என நாம் அறிவோம். திடப்பொருள்கள் உருவத்தையும் பருமனையுங்கொண்டவை. திரவங்கள் பருமனைமட்டும் கொண்டவை. வாயுக்கள் உருவமும் பருமனும் இல்லாதவை. ஒரு பொருளை சிறு சிறு துண்டுகளாக்கிக்கொண்டே போனால், அதை, அதற்கு மேலும் நுணுக்கமாய்ச் செய்ய இயலாத நிலைமை யேற்படும். அம்மிக நுண்ணளவானதற்கு அப்பொருளின் 'மூலத்துகள்' என்று பெயர். அம்மூலத்துகள் கண்ணினால் காண இயலாத வவ்வளவு சிறிது. சிறு பொருளைப் பெரு உருவினதாய்க் காட்டும் மைகிராஸ்கோப்பு வழியேயும் மூலத்துகளைக் காண இயலாது. வேறு வகையான விஞ்ஞானச் சோதனைகளின் வழியே அம்மூலத்துகளின் அளவு எவ்வளவாய் இருக்கும் எனக்

கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. ஒரு கன அங்குல இடத்தில் நாற்பத்து நான்கு லக்ஷத்து முப்பத்து ஆருயிரம் கோடாறுகோடி மூலத்துகள்கள் உள்ளன. வாயுவொன்று அடைபட்டுள்ள இடத்திற்குள் அதன் மூலத்துகள் பல திக்குகளிலுமாய் அலைந்தோடிக் கொண்டுள்ளன. அதனாலேயே, அவை, அவ்விடம் முழுமையும் வியாபித்தவாறு உள்ளவை. திரவமொன்றை ஒரு பாத்திரத்தில் ஊற்றினால், அது ஓரளவுப் பருமன் வரையே நிற்கின்றது. அதன் மூலத்துகளிடைக் கவர்ச்சியுள்ளது. அம்மூலத்துகள்கள் ஓர் எல்லைக்குள்ளாகவே அலையலாம். திடப்பொருள் மூலத்துகள் நன்ருய்ப் பந்தனமானவை. அவை ஒன்றுடனென்று பந்தனமானமையின் திடப்பொருள் திட்டமான உருவுடன் உள்ளது.

திடப்பொருள், நிலக்கவர்ச்சி வலிமைக்குட்பட்டபோது, அதன் மூலத்துகளிடையுள்ள பந்தனம் குலையாது, அப்பொருள் முழுமையுமே வலிக்கப்படும் திக்கில் அசைந்து, அவ்வாட்டத்திலேயே அமுக்க வலிமையைப் பிரயோகிக்கின்றது. திரவ மூலத்துகளிடை பந்தனமதிகமில்லை. அவற்றிடையான கவர்ச்சி வலிமையைவிட நிலக்கவர்ச்சி வலிமை அதிகமாயுள்ளது. எனவே, அவை சரிகின்றன. அதனால் பக்கவாட்டங்களிலும் அமுக்கம் ஏற்படுகின்றது. திடப்பொருளொன்றை கீழ்த் தாங்கப்பட்டவாறு அசைவின்றி நிலைக்கச் செய்யலாம். திரவப்பொருளை வைக்க பக்கவாட்டச் சுவர்களைக்கொண்ட பாத்திரம் அவசியமாகின்றது.

சரிந்துவிழும் மூலத்துகள்களை அவை தாங்கிக்கொள்கின்றன. அச்சரிவை யொட்டிய அழுக்கம் ஏற்படுகின்றது. எனவே, அசைவைப்பயக்கும் வலிமை, பிரயோகிக்கப்படும் திக்கில் மட்டுமேயன்றி மற்ற பல வாட்டங்களிலும் அழுக்கம் ஏற்படுகின்றது. வாயு மூலத்துகள்கள் பல வாட்டங்களிலும் மிக வேகமாய் ஓடிக்கொண்டுள்ளன. அவை நிலக்கவர்ச்சியால் மிகக் குறைவாகவே பாதிக்கப்படுகின்றன. அவை, தாம் அடைப்பட்டுள்ள இடத்தின் தடைப்புகளை மோதிக்கொண்டுள்ளன. அதை யொட்டி, அத்தடைப்புகளின்மீது அழுக்கம் பிரயோகிக்கப்படுகின்றது. மூலத்துகள்கள் எல்லா வாட்டங்களிலும் ஓடிக்கொண்டுள்ளவை. எனவே, எல்லா வாட்டங்களிலும் அழுக்கம் ஒரேயளவாயிருக்கும். அம்மூலத்துகளின்மீது ஒரு வாட்டத்தில் வலிமை பிரயோகிக்கப்பட்டால், அதையொட்டி எல்லா வாட்டங்களிலும் மூலத்துகள் அழுக்கம் வேறுபடும். எல்லா வாட்டங்களிலும் அவ்வலிமை பிரயோகிக்கப்பட்டவாறு அழுக்கம் வேறுபடும்.

பொருள்கள் நிறையும் பருமனும் கொண்டவை எனக் கூறினோம். நிறைக்கும் பருமனுக்குமான வீதம் செறிவு எனப்படும். வாயுக்கள் நிறையுடனுள்ளவை. அவற்றின் பருமன் அவையுள்ள இடத்தின் பருமனேயானமையின், செறிவு எவ்வளவென திட்டமாய்க் கூறவேண்டுமாயின், அழுக்கத்தையும் நிலவரப்படுத்தவேண்டும். இன்னும் ஒரு வாயு சூடாக்கப்பட்டால் அதன் மூலத்துகள் வேகம் அதிக

மாகின்றது. எனவே, அவ்வாயுவின் வெப்ப நிலையும் (டெம்பரேசரும்) குறிப்பிடப்படவேண்டும்.

நம்முலகைச் சூழ்ந்து பல மைல்கள் உயரம் வரை காற்றுள்ளது. அதற்கு 'பவனம்' (அட்மாஸ்பியர்) என்று பெயர். அட்மாஸ்பியரிலுள்ள காற்றின் மொத்த நிறை மிக அதிகம். ஆயினும் அதையொட்டிய அமுக்கம் உலகப்பரப்பு முழுமையிலும் பிரயோகிக்கப்படுவது. ஒரு குறித்த அளவான பரப்பின்மீது பிரயோகிக்கப்படும் அமுக்கத்தை அளவிடலாம். அதற்கு 'பவன அமுக்க வளவு' (அட்மாஸ்பரிக் பிஷர்) என்று பெயர். அதை அளவிடும் கருவிக்கு பவன அமுக்கவளி (பராமீடர்) என்று பெயர். வளைந்த குழாயொன்றின் ஒரு வாட்டத்து பவன அமுக்க வலிமை, மற்றொரு வாட்டத்து பாதரஸத்தால் சீர்தூக்கப்படுகின்றது. பாதரஸத்தின் கனமும், அது நிற்கும் பரப்பளவேயான பவனக்காற்றின் அமுக்கமும் ஒரேயளவினவை. கடல் மட்டத்துள்ள இடத்தில், அவ்வமுக்கம், சதுர அங்குலத்திற்கு 15 பவுண்டுகள் என அளவிடப்பட்டுள்ளது. கடல் மட்டத்தில் பவனக்காற்றின் உயரம் முழுதும் அமுக்குகின்றது. உயரச் செல்லச் செல்ல, அதற்கு மேலுள்ள காற்றின் உயரம் குறைந்துவருகின்றமையின், பவன அமுக்கத்தினளவும் குறைகின்றது.

அமுக்கம் காரணமாய் வேலைசெய்கின்ற சில கருவிகளைப்பற்றிக் கூறலாம். பீச்சாங்குழாய் அவ்வாறானவற்றிலொன்று. குழாயின் ஒரு நுனியை நீரில்வைத்து பீச்சானை இழுக்கும்போது, குழலினுள்

அமுக்கம் குறைகின்றது. பவன அமுக்கம் நீரைக் குழாய்க்குள் ஏற்றுகின்றது. பிறகு குழாயை வெளியே யெடுத்து, பீச்சானை அமுக்கினால், நீர் அமுக்கப்பட்டு வெளியே பீச்சப்படுகின்றது. பீச்சாங்குழாயினுள் நீர் உறிஞ்சப்படும் முறையை யொட்டியே, நுரையீரல்களினுள் காற்று இழுக்கப் படுகின்றது. நீரிறைக்கும் ஏற்றுப்பம்பு (போர்ஸ் பம்பு) ஒரு குழலையும் பீச்சானையும் கொண்டது. குழலின் அடிப்பாகத்தில் உள்விடுவால்வு ஒன்று உள்ளது. குழலின் பக்கவாட்டத்தில் வளைகுழா யொன்று சேருமிடத்தில் வெளிப்போகு வால்வு ஒன்று உள்ளது. பீச்சானை மேலே இழுக்கும் போது, குழலினுள் காற்றமுக்கம் குறைகின்றது. பவன அமுக்கம் அதற்குள் நீரை யேற்றுகின்றது. பீச்சானை அமுக்கும்போது, அந்நீர் வெளிப்போகு வால்வைத் திறந்துகொண்டு வளை குழாயின் வழியே வெளியே பாய்கின்றது. இருதயம் வேலை செய்யும் முறை அதை ஒத்துள்ளது. தசைகளையொட்டி, இருதயம் விரியும்போது அமுக்கம் குறைகின்றது; இருதயம் சுருங்கும்போது அமுக்கம் அதிகமா கின்றது.

நெருப்பணைக்கும் எஞ்சின்கள் போர்ஸ் பம்பு களைக் கொண்டவை. காற்றகற்றும் பம்புகளும் (எக்ஸாஸ்டிங்கு பம்புகளும்) போர்ஸ் பம்பு முறையை யொட்டியே வேலை செய்கின்றவை. காற்றுப்புகுத்தும் பம்புகள், தக்கவாறமைக்கப்பட்ட பீச்சான்களையும் வால்வுகளையும் கொண்டு, அமுக்க

அதிகம் - அமுக்க குறைவு முறையை யொட்டியே வேலை செய்கின்றன. நீரேற்று இறுக்கிகள் (ஹைட்ராலிக்கு பிரஸ்கள்) நீரின் அமுக்க வலிமையைத் தக்கவாறு பயன்படுத்தி, பஞ்சு, கம்பளி, முதலியவற்றை அமுக்கும் மெஷின்கள். மணலாக்கொட்டை முதலியவற்றைக் கசக்கிப் பிழிந்து எண்ணெய் எடுக்கவும் அவை பயன்படுகின்றன. அமுக்கத்தைக் கொண்டு செய்விக்கப்படும் வேலைகள் பல. அவற்றிற்கான மெஷின்களும் பல.

V

ஜீரணமும் ரஸாயனமும்

நாம் உட்கொள்ளும் நீரும் உணவும் உடலுக்குத் தேவையான எலும்பு, தசை, இரத்தம், கிளைகோஜன் முதலானவையாய் எவ்வாறு மாறுகின்றன என்பதைக் கவனிக்கலாம். நாம் உட்கொள்ளும் உணவு ஜீரணிக்கப்பட்டு மூன்று வகையினவாய் ஆகின்றன. அவை கார்போஹைட்ரேட்டுகள், கொழுப்புகள், புரோட்டீன்கள் எனப்படுபவை. கார்போஹைட்ரேட்டுகள் வேலைக்கான சக்தியை விளைவிக்கும் பொருள்கள். கொழுப்புகள் சேமிக்கப்பட்டு வைக்கப்பட்டு, தேவையானபோது கார்போஹைட்ரேட்டுகளாய் மாற்றப்பட்டு வேலைக்கு உபயோகப்படுபவை. புரோட்டீன்கள் ஸெல்லமை பொருள்கள்.

மாவுப் பொருள்கள், அரிசி, உருளைக்கிழங்கு முதலியவற்றில் கார்போஹைட்ரேட் பொருள்கள் அதிகமாயுள்ளன. வெண்ணெய், எண்ணெய் முதலானவற்றில் கொழுப்புகள் உள்ளன. முட்டை, மீன், இறைச்சி, பட்டாணி, அவரை, மணலாக் கொட்டை, பருப்பு, சோயாபீன் முதலியவற்றில் புரோட்டீன்கள் அதிகமாயுள்ளன.

உட்கொள்ளப்படும் உணவு பதார்த்தங்கள் ரஸாயனீயமாய்த் தக்கவாறு பதப்பிரிவினையாகு முன், நீருடன் ரஸாயனீயமாய்க் கலக்கப்படுகின்றன. அவ்வாறு செய்யப்படும்போது உடலில் ஏற்படும்

'எஞ்சைம்கள்' என்ற சாறுகள் அவற்றில் சேர்கின்றன. அதனால் உணவு, செல்லமை பொருளாயும் வேறு தேவையான பொருள்களாயும் ஆகி, அவை வேண்டப்படும் இடத்திற்கு செலுத்தப்படுகின்றது. அதையே, 'உணவு செரிமானமாதல்' என்கிறோம்.

நமது உடலிலுள்ள ஜீரணக்கருவிகள் எல்லாம் சேர்ந்தவாறனதற்கு 'ஊட்டப்பாய்ச்சல் மண்டலம்' (அலிமண்டரி ஸிஸ்டம்) என்று பெயர். அது, வாய், இரைக்குழாய் (கல்லட்), இரைப்பை ஸ்டமக்), கணையம் (பாங்கிரியஸ்), குடல், என்ற வற்றைக் கொண்டது. கல்லீரல் (லிவர்) ஜீரணக் கருவியே. ஜீரணக் கருவிகள் ஒவ்வொன்றிலும், தக்கவாறன எஞ்சைம்கள் பயக்கப்படுகின்றன. ஜீரணக்கருவிகள் வாயினின்று துவங்கி, 'கோலன்' என்ற பெருங்குடல் நுனிவரை செல்கின்ற தொடக் குழாயொன்றுபோல் அமைந்துள்ளவை. கோலனின் நுனி வெளியிடத்திற்குத் திறப்பாயுள்ளது. அதற்கு 'ரெக்டம்' என்று பெயர். திறப்பு, 'குதம்' எனப் படுவது. அலிமண்டரிகனலின் ஒரு நுனியில் வாயும், மற்றொரு நுனியில் குதமும் உள்ளன.

கோதுமை ரொட்டி (புரோடீன், கார்போ ஹைட்ரேட்), அரிசிச்சோறு (கார்போஹைட்ரேட், கொஞ்சம் கொழுப்பு, கொஞ்சம் புரோடீன்), கடைந்த பருப்பு (புரோடீன்), நெய் (கொழுப்பு), பச்சைப்பட்டாணி, அவரைக்கூட்டு (புரோடீன்), காப்பேஜ் பொரியல் (புரோடீன் ஸெல்லூலோஸ்) கீரை (ஸெல்லூலோஸ்), தயிர் (கொழுப்பு),

தக்காளி சூப்பு (பலவகைச்சரக்கு), என்றவற்றைக் கொண்ட நல்ல சாப்பாடு கிடைக்கிறது. வயிறாற சாப்பிடலாம் என உட்காருகிறோம். சாப்பிட ஆரம்பித்ததினின்று அவ்வுணவு ஜீரணமாகும் வரை நமது உடலில் அதை சமிக்க என்னென்ன காரியங்கள் நடைபெறுகின்றன என்பதைக் கவனிக்கலாம்.

வாயிலுள்ள உமிழ்நீர்க் கிரந்திகளினின்று கசியும் சாறுகள், மென்று தின்னும் உணவுடன் சேர்கின்றன. வாயில் அடைக்கப்பட்ட உணவுக்கள் விழுங்கப்படுகின்றன. அவை சிறு சிறு உண்டைகளாய் விழுங்கப்படும். அவை, நாக்கின் பின்புறமாய் தள்ளப்பட்டு தொண்டைக்குள் இறக்கப்படுகின்றன. மூக்கிற்குள் உணவு ஏறிவிடாதபடி ஒரு மெல்லிய தட்டு அடைத்துக்கொள்ளும். தொண்டையின் முன்பாகத்துள்ள அமைப்புக்கள் உணவு கக்கப்படாதவாறு செய்கின்றன. குரல்வளை மூடப்பட்டு, உணவு இறங்கும் வரை மூச்சு நிறுத்தப்படும். உணவு நுரையீரலுக்குள் செல்லாதபடி கவனித்துக் கொள்ளப்படுகிறது. இரைக்குழாயின் வழியே உணவு இறங்குகின்றது. உணவு உண்டையொன்று வந்தவுடன் கல்லட் பகுதி விரிகின்றது. உண்டை இறங்கியவுடன் முன்போல் சுருங்கிவிடும். அவ்வாறே கல்லட் பகுதிகள் முறையே விரிந்து சுருங்கி, உணவு உண்டைகள் செலுத்தப்படுகின்றன. அலிமண்டரிகளுல் மூழுவதிலும் உணவு ஓரிடமிருந்து மற்றோரிடம் செலுத்தப்படும் முறை இதுவேயாம்.

இது, 'தளர்வுறு செலுத்துமுறை' (பெரிஸ்டால்டிக்) முறையெனப்படும்.

இரைக்குழாயின் கீழ்நுனியில் இரைப்பை உள்ளது. அதன் வாசலில் தசை வால்வு ஒன்றுள்ளது. அது உணவு உள் வருவதை விடும்; வெளியே போவதை தடுக்கும். இரைப்பை காலியாயுள்ள போது குழாய் போலிருக்கும். உணவு நிரம்பிய போது பைபோலிருக்கும். இரைப்பை முறையே சுருங்கி விரிந்துகொண்டிருக்கும். அதனின்று என்சைம் ரஸங்களும் கசிந்துகொண்டிருக்கும். உமிழ் நீர்ச்சாறுகள் கலந்த ஊணில் கார்போஹைட்ரேட்டுகள் பதப் பிரிவினையாயிருக்கும். இரைப்பை என்சைம்கள் கலந்து கடையப்படும் ஊணில்புரோடீன் பதப்பிரிவினை செய்யப்படும்.

இரைப்பையில் பதனான ஊண் புளியியலாயிருக்கும். அவ்வூண் சிறுகுடலினுள் செலுத்தப்படும். சிறுகுடல் 20 அடி நீள குழாய்ச் சுருள். அதில் காரவியல் என்சைம்கள் ஊறுகின்றன. கல்லிரலினின்று வரும் பித்த நீரும் ஊனுடன் கலக்கின்றது. பித்தநீர்க் கலப்பால் நீரில் கரையாத கொழுப்புக்கள் நீரில் கரையும் கொழுப்பு ஆஸிட்களாய் ஆகின்றன. புரோடீன்கள் நீரில் கரைந்த அமீனோ ஆஸிட்களாய் இருக்கும். கார்போஹைட்ரேட்டுகள் நீரில் கரைந்த சர்க்கரைகளாயிருக்கும். உணவிலுள்ள முக்கிய பொருள்கள் நீர்க்கரைய்மாயிருக்கும். அவையே ஜீரணிக்கப்பட்டவை. ஜீரண

மாகாதவை, பயிர் பச்சையான ஸெல்லூலோஸ் முதலானவை.

சிறுகுடலில் ஜீரணம் நடந்துகொண்டிருக்கும் காலம்முழுதும் அக்குடலைப்போர்த்துள்ள ஸெல்கள் ஜீரண திரவங்களை அருந்திக்கொண்டேயுள்ளன. கரையமாகாதுள்ளவை சிறுகுடலிலிருந்து பெருங்குடலினுள் செலுத்தப்படுகின்றன. பெருங்குடலில் வந்தவற்றினின்று நீர் பிரித்தெடுக்கப்படுகின்றது. மற்ற சக்கைகள் குதத்தின் வழியே வெளித்தள்ளப்படுகின்றன.

சிறுகுடலின் வெளிப்புற ஸெல்களால் அருந்தப்பட்ட நீர்க் கரைய ஊணில் அமீனோ ஆஸிட்களும், சர்க்கரைகளும், கொழுப்பு ஆஸிட்களும் உள்ளன. கொழுப்பு ஆஸிட்களைத் தவிர மற்றவை இரத்தத்துடன் கலந்து, இரத்த வோட்டத்துடன் கல்லீரலுக்கு அடித்துக்கொண்டு போகப்படுகின்றன. கல்லீரலில் அவ்வூண் பொருள்கள் ரஸாயனீயமாய் இரத்தத்துடன் சேருமாறு செய்யப்படுகின்றன. அவ்விரத்தம் இருதயத்தினுள் பாய்கின்றது. சிறுகுடலினின்று வரும் ஊணில் பகுதியை கல்லீரல் கிளைகோஜன் என்ற பொருளாய் மாற்றிவைத்துக் கொள்கின்றது. கிளைகோஜன் கல்லீரலில் சேமித்து வைக்கப்பட்டிருக்கும். வேலை செய்வதற்கான சக்தி வேண்டப்படும்போது, அதை குளூகோஸாய் மாற்றி இரத்தத்தின் வழியே, கல்லீரல் அனுப்பும். நமது இரத்தத்தில் ஆயிரத்திலொரு பங்கு வீதம்

எப்பொழுதும் குளுகோஸ் இருக்கும். அதைவிட அதிகமாயுள்ளதை கல்லீரல் கிளைகோஜனாய் மாற்றி சேமித்து வைத்துக்கொள்ளும். கல்லீரலுக்குச் சென்ற அமீனோ ஆஸிட்களில் ஒரு பகுதி குளுகோஸாய் மாற்றப்படுகின்றது. அதுபோது, அவற்றிலுள்ள 'ஹைட்ரஜன்' என்ற பொருள் 'யூரியா' என்ற உப்பாய் மாற்றப்பட்டு குண்டிக்காய் வழியே உடலினின்று நீக்கப்படுகின்றது. மற்ற அமீனோ ஆஸிட்கள் இரத்த வோட்டத்தால் அடித்துச் செல்லப்பட்டு, உடலின் ஸெல்களைப் புதுப்பிக்கின்றன. கொழுப்பு ஆஸிட்கள் மறுபடியும் கொழுப்புகளாகி உடலின் பல பாகங்களிலுமுள்ள டிஷ்யூக்களின் மீதும், கொழுப்பு சேமிப்பிடங்களிலும் படிந்து விடுகின்றன.

தோட்டி வேலை செய்யும் உடற்கருவிகள் உடலிலுள்ள முக்கிய பாகங்கள். அவை வேலை நிறுத்தம் செய்தால், வேலை நின்ற சில மணி நேரத்திற்குள் உயிரும் போய்விடும். முக்கியமான கழிபோக் குறுப்புக்கள், குண்டிக்காய்களும் (கிட்னிகளும்) மூத்திரப்பையுமே (பிளாட்டருமே). குண்டிக்காய்கள் கசடுகளை நீக்கும் வேலையை செய்வதுடன், இரத்தத்திலுள்ள நீரும் உப்புக்களும் சீராயிருக்குமாறும் அமைக்கின்றன. அக்கருவிகள் பின்வருமாறு உடலில் அமைந்துள்ளன. உடலின் முக்கிய ஆர்டரியான அயோர்டாவினின்று இரு கிளை ஆர்டரிகள் பிரிகின்றன. ஒவ்வொரு கிளையும் ஒவ்வொரு குண்டிக்காய்க்குச் செல்கின்றது. குண்டிக்

காய்களால் அசுத்தங்கள் நீக்கப்பட்டு சுத்தம் செய் யப்பட்ட இரத்தம், முக்கிய பெரும் வெயினினுள் பாய்கின்றது. குண்டிக்காய்களால் இரத்தத்தி னின்று நீக்கப்பட்ட கசடுகள் நீர் மிக்க கரையமா யுள்ளன. அக்கரையமே மூத்திரம். அது 'யூரிடர்கள்' என்ற இரு மூத்திரக்குழாய்கள் வழியே, பிளாட்டர் என்ற பைக்குள் இறங்குகின்றது. பிறகு வசதி யானபோது அதனின்று வெளியேற்றப்படுகின்றது. குண்டிக்காய்கள் இரத்தத்திலுள்ள புரோடீன்கள், சர்க்கரைகள் முதலானவற்றையும், உப்புக்களை அதிக மாகவும் நீக்காமல், கசடுகளை, மட்டும் அகற்றும் வேலையை 'செய்கின்றன. நமது உடலின் பரப்பு முழுவதிலிருந்தும் சில கசடுகள் வியர்வையாய்க் கழி கின்றன. தோலின் கீழுள்ள வியர்வைக் கிரந்திகள் இரத்தத்தினின்று அதிக நீர்க்கமான கரையத்தை வடிகட்டி யெடுக்கின்றன. அக்கரையம் தோலி லுள்ள இடுக்குகள் (போர்கள்) வழியே வெளிப் படுகின்றது. அதுவே வியர்வை.

பொதுவாக, உடலின் தேவைகளுக்குப் போது மான சாப்பாடு எவ்வாறிருக்கவேண்டும் எனக் குறிப்பிட்டுள்ளோம். அதில் போதியவளவு புரோ டீன்களும், கொழுப்புக்களும், கார்போஹைட்ரேட்டு களும், உப்புக்களும் இருக்கும். அவற்றைத் தவிர வைடமின்கள் என்றவையும் போதியவளவு இருக் கும். வைடமின்கள் மிகச்சிறிதளவாகவே இருக்க வேண்டிய பகுதிகள். ஆயினும் அவை இன்றியமை யாதவை. A, B, C, D, E என்ற ஐந்து தினுசு வைட

மின்கள் அறியப்பட்டுள்ளன. அறியப்படாதவை பல இருக்கலாம்.

வைடமின் A குறையால், எலும்பின் வலிமை குறைந்துபோய் 'ரிக்கட்' என்ற நோய் காண்கின்றது. வெண்ணெய், பால், தயிர், இறைச்சி, முட்டை, சோளம், முள்ளங்கி, வாழைப்பழம், தக்காளி, கீரை என்றவற்றில் வைடமின் A உள்ளது.

வைடமின் B குறையால் 'பெரி-பெரி' என்ற நோய்வாய்ப்பட வேண்டியிருக்கும். நரம்புகள் தளர்ந்துவிடும். தானியத் தவிடு, புளிக்காடி முதலியவற்றில் வைடமின் B உள்ளது.

வைடமின் C குறையால் 'ஸ்கர்வி' என்ற புண் நோய் உண்டாகின்றது. தக்காளி, ஆரஞ்சு, எலுமிச்சம்பழம், காப்பேஜ், முருங்கைக்கீரை முதலியவற்றில் வைடமின் C உள்ளது.

வைடமின் D குறையால், 'கணக் காய்ச்சல்' முதலான வியாதிகள் ஏற்படும். வைடமின் A உள்ளவற்றில் வைடமின் Dயும் உள்ளது. நல்ல காற்றினூடே வந்த சூரிய வெளிச்சம் நமது உடலின்மீது படுவதால், நம்முடலிலேயே வைடமின் D பயத்தப்படலாம்.

வைடமின் E குறையால், ஜனனேந்திரியக் காரியங்களில் குறையுண்டாகும். பச்சைக் காய்கறிகள் தானிய முளைகள், கீரை முதலியவற்றில் வைடமின் E உள்ளது.

வைடமின்களும், என்சைம்களும் மிகச் சிறிதளவில், நமது உடலின் காரியங்கள் நன்கு நடைபெறுதற்கென இன்றியமையாதவை என அறிந்தோம். அவற்றைத் தவிர, மற்றொரு வகையான சாறுகள் சிலவும் நமது உடலில் தக்கச் சிறிதளவில் சேர்ந்தாலன்றி உடலின் காரியங்கள் சரிவர நடைபெறா. அவை 'ஹார்மோன்கள்' எனப்படுபவை. அவை குழாயில்லாத கிரந்திகள் (டக்டுலெஸ் கிளாண்டுகள்) என்றவற்றில் பயத்தப்படுபவை. அச்சாறுகள் இரத்தவோட்டத்தில் சேர்ந்தவாறு கசிகின்றன. அவ்வாருன கிரந்திகளில் முக்கியமானவை ஆறு உள்ளன. (1) கழுத்தின் அடிப்பாகத்திலுள்ள தைராயிட், பாராதயிராயிட் என்றவை. அவை உடற்காரியங்களுடன் தொடர்பு கொண்டவை. அவற்றின் ஹார்மோன்கள் தக்க வளவாய்ப் பரவாவிடின் மந்தம் ஏற்படும். 'மிக்ஸோடிமா' என்ற நோய் ஏற்படும். (2) பாராதையிராயிட் என்றவை தயிராயிடின் அருகில் உள்ளவை. அவை எலும்பின் கால்ஷியவீதச் சீருடன் தொடர்பு கொண்டுள்ளவை. (3) குண்டிக்காய்களின் மீதான பாகத்தில் 'ஆட்ரினல்' கிரந்திகள் உள்ளன. அவை உடலையொட்டி எதிர்பாராத சம்பவங்கள் நேரிடும் போது ஏற்படும் அதிர்ச்சியைத் தாங்குவதற்கு உடற்பாகங்களை தயாராய் வைத்துக்கொள்பவை. (4) மூளையின் கீழ்ப்பாகத்தில் பிடியுடரி கிரந்தி உள்ளது. அது எலும்பு வளர்ச்சி, இரத்த அமுக்கம், உடற்கொழுப்பு, என்றவற்றுடன் தொடர்பு

கொண்டுள்ளது. 'அரக்க நோய்' (ஜயண்டிஸம்), அகோரா நோய் (அக்ரோமாலஜி) என்றவை பிடியுடரி கிரந்தி சம்பந்தமான நோய்கள். (5) காதின் பின் பக்கமாய் பினியல் கிரந்தி உள்ளது. அதுவும் பிடியுட்ரியுடன் தொடர்பானது. (6) ஜனனேந்திரிய கிரந்திகள்.

இதுவரை கூறப்பட்ட விஷயங்களில் 'ரஸாயன மாற்றம், ரஸாயனப் பொருள்கள்' என்றவற்றைப் பற்றி அடிக்கடி குறிப்பிட்டுவந்தோம். அவற்றைப் பற்றிச் சற்று திட்டமானவாறு இனிக் கூறலாம். நமது உலகில் எண்ணற்ற வகையான பொருள்கள் உள்ளன. ஆயினும் அவற்றை நாம் ஒருவாறு வகைப்படுத்தியே குறிப்பிடுகிறோம். சுண்ணும்புக் கட்டிகள் பல கிடக்கின்றன. அவை வெவ்வேறு அளவுகளாகவும், வெவ்வேறு வடிவங்களாயும் இருப்பினும், அவை 'சுண்ணும்பு' என்று பொருளாலானவை எனக் கூறுகிறோம். அவ்வாறே, 'இரும்பு' 'உப்பு', 'நீர்', 'மணல்' என பல பொருள்களைக் குறிப்பிடுகிறோம். ஒவ்வொரு பொருளும் முறையே, அதனதன் மூலத் துகள்களாலானது என முன்பே கூறியுள்ளோம். ஒரு பொருளை நொறுக்குவதைத் தவிர மற்ற வகைகளிலும் அதை பரிசோதனை செய்து பார்க்கலாம். அதைக் காய்ச்சியும் உருக்கியும் அதனூடே மின்னோட்டத்தை (எலக்ட்ரிக் கரண்டை)ச் செலுத்தியும் ஆராயலாம். அவ்வாறு செய்து பார்த்ததால், இவ்வுலகிலுள்ள எல்லாப் பொருள்களும் தொண்ணூற்றிரண்டு அடிப்பண்டங்களில்

ஒன்ருகவோ, அன்றி, அவற்றில் இரண்டோ, பலவோ ஐக்கியம் (கம்பைன்) ஆனதாலோ, ஏற்பட்டவை என அறியப்பட்டுள்ளது. எனவே, பொருள்கள் 'அடிப்பண்டங்கள்' (எலிமண்டுகள்) எனவும், அடிப்பண்ட ஐக்கியத்தரனங்கள் (காம்பவுண்டுகள்) எனவும் வகையீடு செய்யப்பட்டுள்ளன. இரும்பு, கந்தகம், ஹைட்ரஜன் வாயு, பாதரஸம் என்றவையும் இன்னும் பலவும் அடிப்பண்டங்கள். தண்ணீர், சுண்ணும்பு, மணல், துரு, உப்பு, எலும்பு, நூல் என்றவையும் இன்னும் பலவும் தரளங்கள் (காம்பவுண்டுகள்). தண்ணீர், ஆக்ஸிஜன் ஹைட்ரஜன் என்ற அடிப்பண்டங்களை (எலிமண்டுகளை)க் கொண்டது. உப்பு, ஸோடியம் குளோரின் என்றவற்ருலானது. அடிப்பண்டங்கள் ஐக்கியமாகி (கம்பைன் ஆகி) தரளங்களாய் (காம்பவுண்டுகளாய்) ஆகின்றன. தரளங்கள் (காம்பவுண்டுகள்) சிதிலமாகி (டிகம்போஸ் ஆகி) அடிப்பண்டங்களாயாகின்றன. ஒரு பொருளிலுள்ள அடிப்பண்டங்கள் எவை எனப் பரிசோதனை செய்தறிதல் 'ரஸாயனப் பகுப்பு முறை (கெமிகல் அனலிஸிஸ்) எனப்படும்.

ஒவ்வொரு பொருளும் அதனதன் மூலத்துகள்களாலானது எனக் கூறியுள்ளோம். மூலத்துகள் ஒன்றின் நிறை, அது எப்பொருளின் மூலத்துகள் என்பதைப் பொருத்து இருக்கும். இரும்பு மூலத்துகளின் நிறை நீர் மூலத்துகளின் நிறையினின்று வேறுபட்டதாயிருக்கும். இரண்டு அடிப்பண்டங்கள் ஐக்கியமாகி (கம்பைன் ஆகி) மற்ருெரு பொருள்

ஏற்படும்போது, அப்பொருளின் மூலத்துகள், அடிப்பண்ட மூலத்துகள்களின் கூட்டு நிறையாயிருந்ததா, இல்லையா என ஆராயப்பட்டது. சில தரளங்களின் (காம்பவுண்டுகளின்) மூலத்துகள் நிறை, அடிப்பண்ட மூலத்துகள் நிறைகளின் கூட்டு நிறையாயிருந்தது. சிலவற்றினது அவ்வாறில்லை. மேலும் பல ஆராய்ச்சிகள் செய்யப்பட்டதால், ரஸாயன மாற்றம் (கெமிகல் சேஞ்சு) நடைபெறும்போது மூலத்துகளின் பகுதியளவு நிறையான பொருள் மாற்றம் ஏற்படலாம் என அறியப்பட்டது. அம் மூலத்துகள் பகுதிகள் 'அணுக்கள்' எனப் பெயரிடப்பட்டன. ஆகவே, தனிப்பண்டங்கள் தனிப்பட்டவாறுள்ளபோது, அவ்வவற்றின் மூலத்துகள் நிறையை விடக் குறைந்தவளவானவாறு இருக்கமுடியாது எனவும், அடிப்பண்டங்கள் தரளங்களிலமைந்தபோது மூலத்துகள் நிறையின் தாழ் மடங்கு (ஸப்-மல்டிபிள்) நிறையான அணுக்களாய் அமைய இயலும் எனவும் முடிவுகட்டப்பட்டது. அத்தாழ் மடங்கு பின்னமும் ஓரளவைவிடக் குறையாதிருந்தது. அந்நிறை 'அணுநிறை' (அடாமிக்வெயிட்) எனக்கொள்ளப்பட்டது. ஒவ்வொரு அடிப்பண்டத்திற்கும், முறையே, அதனதற்கான மூலத்துகள் நிறையும், அணு நிறையும் உள்ளது, எனவும் ஒவ்வொரு தரளத்திற்கும் (காம்பவுண்டுக்கும்) அதனதற்கான மூலத்துகள் நிறை உள்ளது எனவும் ஏற்பட்டது.

அடிப்பண்டங்களின் (எலிம்ண்டுகளின்) அணு நிறைகள் அள்விடப்பட்டன. அடிப்பண்டங்கள்.

அவற்றின் அணு நிறைகள் படிப்படியாய் அதிக,ப்பட்டுவருமாறான வரிசையாய்அமைக்கப்பட்டு நிரலான்போது, அவற்றின் தன்மைகளுக்கும், அணு நிறைகளுக்குமிடையுள்ள தொடர்பு புலனாயிற்று. வரிசையில் 3வதாய் இருந்த லிதியமும், 11வதாய் இருந்த ஸோடியமும், 19வதாய் இருந்த பொடாஷியமும், 35வதாய் இருந்த ரூபீடியமும், 51வதாய் இருந்த ஸீஸியமும் ஒத்த தன்மைகளாயினவை என காணப்பட்டது. அவ்வாறே மற்ற பல அடிப் பண்டங்களின் கிரமும் இருந்தது. முதலில் ஏழு அடிப்பண்டங்கள் இடைப்பட்டும், பிறகு பதினேந்து அடிப்பண்டங்கள் இடைப்பட்டும் உள்ள அடிப் பண்டங்கள், முறையே ஒத்த தன்மையினவை என தெளிவாயிற்று. அம்முறையையொட்டி, அடிப் பண்டங்கள், 'நிகரிடைப்பட்டொத்தல் வகையீடு' (பீரியாடிக் கிளாஸிபிகேஷன்) செய்யப்பட்டன. அவ்வாறு அணிவகுக்கப்பட்டவாறு கோடிட்டுக் காட்டும் வரிப்படம் (டாப்யுலேடடு டயாக்ரம்) அமைக்கப்பட்டது. அது 'நிகரிடைப்பட்ட கோடுக் கட்டம்' (பீரியாடிக் டேபிள்) என்று குறிப்பிடப் படுகின்றது.

அடிப்பண்டங்கள் வகையீடு செய்யப்பட்டபின், ரஸாயன மாற்ற முறைகளும். ரஸாயன தரளங் களும் (காம்பவுண்டுகளும்) தக்கவாறு வகையீடு செய்யப்பட்டன. சில அடிப்பண்டங்கள் குறித்த வகைகளில் ஐக்கியமானவாறே (கம்பைன் ஆனவாறே) சாதாரண ரஸாயன மாற்றங்களில்

நிரல் படுபவை என அறியப்பட்டது. அவை 'அயான்கள்' எனப் பெயரிடப்பட்டன.

ரஸாயனத்.. தரளங்கள் (காம்பவுண்டுகள்) அவற்றின் அணுவமைவியலையொட்டி 'புளித் துவரங்கள்' (ஆஸிடுகள்), காரக் கசப்புகள் (ஆல்கலிகள்), உப்பங்கள் (ஸால்டுகள்) என்ற மூவகையாய்ப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. ஆஸிட்களின் முக்கியமான இலக்ஷணங்கள், அவை புளிப்பாயிருத்தலும் அவற்றின் மூலத்துகள்கள் ஹைட்ரஜன் அணுவொன்றையாவது கொண்டிருத்தலும், நீரில் கரைந்துள்ளபோது, அந்த ஹைட்ரஜன் அணு நீர் மூலத்துகள் ஒன்றுடன் ஐக்கியமாகி (கம்பைன் ஆகி) ஹைட்ராக்ஸோனியம் அயான் ஆதலும், என்பவையே. ஒரே நிறையான ஸல்ப்யூரிக் ஆஸிட், ஸிட்ரிக் ஆஸிட் கார்பானிக் ஆஸிட் என்றவற்றில், முறையே, லக்ஷத்திற்கும் ஆயிரத்திற்கும் ஒன்றுக்குமான வீதங்களில் ஹைட்ராக்ஸோனியம் அயான்கள் உள்ளன. அதையொட்டி ஸல்ப்யூரிக் ஆஸிட் கடும் ஆஸிடெனவும், ஸிட்ரிக் ஆஸிட், ஈன ஆஸிட் எனவும் குறிப்பிடப்படுகின்றன. ஆல்கலிகளின் முக்கியமான இலக்ஷணங்கள், அவை காரமாயிருத்தலும், அவற்றின் மூலத்துகள்கள், முறையே, ஒரு ஆக்ஸிஜன் அணுவையும் ஒரு ஹைட்ரஜன் அணுவையும் கொண்ட ஹைட்ராக்ஸைல் அயானுடன் கூடியிருத்தலும், என்பனவேயாம். ஒரு ஆஸிடும், ஒரு ஆல்கலியும் ஐக்கியம் (கம்பைன்) ஆகும்போது, ஹைட்ராக்ஸோனியம் அயானும், ஹைட்ராக்ஸைல் அயானும் ஐக்கியம்

(கம்பைன்) ஆகின்றன. இரண்டு நீர் மூலத்துகள்கள் பயத்தப்படுகின்றன. சேர்க்கப்பட்ட ஆஸிடிலும், ஆல்கலியிலும் நிகரெண்ணினவான ஹைட்ராக்ஸோனியம் அயான்களும் இருந்தால் சேர்க்கப்பட்ட பிறகு, ஏற்படும் பொருளில் அஸிடிடியும் ஆல்கலீனடியும் இருக்காது. அது உப்பக்கரையம் எனப்படும். தரளங்கள் (காம்பவுண்டுகள்) ஆஸிட்கள், ஆல்கலிகள், உப்பங்கள் என்பவற்றைத் தவிர வேறு பல வகைகளாயும் இருக்கலாம். சில ரஸாயன மாற்றங்கள் சிலவகைப் பொருள்கள் கூடவே இருப்பதினால் ஏற்படுகின்றன. அப்பொருள்கள் ரஸாயன மாற்றமாவதில்லை. உதாரணமாக, கார்பன் மானக்ஸைட் என்ற வாயுவும் நீராவியும் இரும்புத் துருவின்மீது வீசப்பட்டால் ஐக்கியமாகி (கம்பைன் ஆகி) கார்பன்டை ஆக்ஸைட் ஹைட்ரஜன் என்ற வாயுக்களாய் ஆகின்றன. துரு இல்லாவிட்டால் அந்த ரஸாயன மாற்றம் நடைபெறுவதில்லை. ரஸாயன மாற்றத்திற்கு முன்னும் பிறகும், துரு, துருவாகவேயுள்ளது. அது மாறுவதில்லை. அவ்வகைப் பொருள்கள் ‘தூண்டி நடத்திகள்’ (காடலிஸ்டுகள் எனப்படுகின்றன. எஞ்சைம்களும், வைடமின்களும் ஒரு வகை காடலிஸ்டுகளே என எண்ணப்படுகின்றது

அடிப்பண்டங்கள் எல்லாவற்றிலும் முக்கியமானது கார்பன், என்பது. எல்லா பிராணிகளின் உடலிலும், பயிர்களிலும் உள்ள முக்கியமானபாகங்கள் எல்லாம் கார்பன் தரளங்களால் (காம்பவுண்டு

களால்) அமைக்கப்பட்டனவையே. கொழுப்புப் பொருள்களும், புரோடீன்களும், கார்போஹைட்ரேட்டுகளும் கார்பன் தரளங்களே (காம்பவுண்டுகளே) கார்பன், ஹைட்ரஜன், ஆக்ஸிஜன், நைட்ரஜன் என்ற அடிப்பண்டங்களிலான பொருள்களே பெரும்பாலும் எல்லா உயிர்களுக்கும் அவைசெய்யும் காரியங்கள் எல்லாவற்றிற்கும் பயன்படுகின்றவை. ஆகவே, கார்பன் தரளங்களைப்பற்றி விவரிக்கும் ரஸாயனப் பகுதி மிகவும் முக்கியமானது. அப் ப்குதிக்கு 'இயமானவியல ரஸாயனம் (ஆர்கானிக்கு கெமிஸ்ட்ரி) என்று பெயர்.

இயமானவியல் ரஸாயனம் (ஆர்கானிக்கு கெமிஸ்ட்ரி) சிறந்த வகையில் முறைப்படுத்தப்பட்ட நூல். மருந்துகள், சாய வஸ்துக்கள், தைலங்கள் முதலான பொருள்கள் சிறிது காலம் முன் வரை பயிர்களினின்றும், பிராணிகளினின்றும் பெறப்பட்டு வந்தன. இக்காலத்தில் அவற்றில் பல செயற்கையாகவே செய்யப்படுகின்றன. இதுவரை இயற்கையாய்ப் பெறப்படாதிருந்த பல கூட செயற்கை முறையை யொட்டி செய்யப்படுகின்றன. இயமானத்தரளங்கள் (ஆர்கானிக்கு காம்பவுண்டுகள்) அவற்றின் அணுவமை முறையை யொட்டிய வாறு வகையீடு செய்யப்பட்டுள்ளன. அவை சாராயங்கள், எஸ்டர்கள், நைட்ரஜன் தரளங்கள் (காம்பவுண்டுகள்) என்றனவும் இன்னும் பலவுமானவையாய் வகையீடு செய்யப்பட்டுள்ளன. சர்க்கரை வகைகளும், மாவு வகைகளும் கார்போஹைட்ரேட்டு

கள் என்ற வகுப்பில் அடங்கியவை. 'குளுகோஸ்' மூலத்துகளின் அணுவமை முறை, சர்க்கரைகள் எல்லாவற்றிற்கும் பொதுவானது என கருதப்படுகின்றது. குளுகோஸ் மூலத்துகள் ஒன்று. ஆறு கார்பன் அணுக்களையும், பன்னிரண்டு ஹைட்ரஜன் அணுக்களையும், ஆறு ஆக்ஸிஜன் அணுக்களையும் கொண்டது. அவை தக்கவாருன பந்தனத்தொகுதிகளாய் (லிங்கேஜ் குரூப்புகளாய்) தொடுக்கப்பட்டுள்ளன. இருநூறு குளுகோஸ் மூலத்துகள்கள் தக்கவாறு ஒரு மூலத்துகளாய் பந்தனமானவற்றைக் கொண்ட பொருள், 'ஸெல்யூலோஸ்' எனப்படும் பயிரியல் நார். கொழுப்புக்கள் 'எஸ்டர்' வகுப்பினவை. புரோடீன்கள் 'நைட்ரோ காம்பவுண்டுகள்' தொகுப்பினவை. ஹைட்ராக்ஸில் காம்பவுண்டுகள் என்ற தொகுப்பினவற்றில் பல, 'கரியெண்ணெய்' (கோல்தார்) என்றதிலிருந்து செய்யப்படுகின்றவை.

நாம் இதுவரை ரஸாயன விஞ்ஞானத்தைப் பற்றி கூறிய விஷயங்கள் மிகமிகச் சொற்பமே. அந்நூலின்பாற்பட்ட பொருள்கள் ஒவ்வொன்றின் பெயரையும், அவை ஒவ்வொன்றையும்பற்றி ஒவ்வொரு வரியும் எழுதப்பட்டால், அப்பட்டியல், இரண்டாயிரம் பக்கங்கள் கொண்ட ஐந்து புத்தகங்களாய் ஆகும். வைத்தியர்களுக்கு அடுத்தபடியாக மக்களின் உடல் நலம் ஓங்குவதற்கான துறையில் வேலை செய்கின்றவர் ரஸாயன விஞ்ஞானிகள் எனலாம்; மலைபோல் குவிந்து மலைப்புத்தரும் விஷயங்களை , திறமையுடன் வகையீடுசெய்து

அறிவுடன் முறைப்படுத்தியவர்கள். அவ்வாறு செய்து விஞ்ஞான முறைச் சிறப்பையும், பலன் சிறப்பையும் உலகுக்குக் காட்டியுள்ளனர்.

VI

நரம்பு மண்டலமும் மின்சாரமும்

வெளியுலகைப்பற்றியும் சூழ்நிலைமையைப் பற்றியும், நமது உடல், மெய்—வாய்—கண்—மூக்கு, செவி என்ற ஐம்பொறிகளின் வழியாய் அறிகின்றது. அவை உணர் உறுப்புக்கள். அவை மூளையுடன் நரம்புகள் வழியே தொடர்புடனுள்ளவை. மெய் என்ற ஊறுணர் உறுப்பு, நம் உடலின் பாகங்களையெல்லாம் போர்த்துள்ள தோல். மூளையுடன் தொடர்பானவாறு அதனின்று நரம்புகள் செல்கின்றன. நரம்பு அமைப்பை (நெர்வஸ் ஸிஸ்டத்தை)க்கொண்டு, நமது உடல் வெளியுலகுடன் தொடர்புகொண்டது.

நரம்புகள் 'நியூரோன்கள்' என்ற நரம்பு ஸெல்களாலானவை. அவற்றில் ஏற்படும் செய்படு நிரல்களே (புரோஸஸ்களே) 'உணர்ச்சி'யென்றதற்குக் காரணமானவை. நரம்பு ஸெல்கள் 'உணர் திறன்' மிக்கவை. அவை 'கிளர்ச்சிபடும்' (ஸ்டிம்யுலீலட் ஆகும்) தன்மையையும் அக்கிளர்ச்சியைக் கடத்தும் தன்மையையும் கொண்டவை. நரம்பு ஸெல்லின் ஒரு நுனியில் கிளர்ச்சியையொட்டி அதிர்ச்சி ஏற்படுகின்றது. அது 'யதி' (இம்பல்ஸ்) எனப்படும். 'யதி' நரம்பு வழியே இகைக்கப்படுகின்றது (ப்ராபகேட் செய்யப்படுகின்றது.)

நியூரோன் ஒன்று, முறைமையான செல் ஒன்றையும், ஒரு நுனியில் 'ஆக்ஸான்' என்ற நீட்சியையும், மற்றொரு நுனியில் 'டெண்டிரைட்கள்' எனப்படும் பல நீட்சிகளையும் கொண்டது. 'ஆக்ஸான்' டெண்டிரைட்களைவிட அதிக நீளமானது. அது 'நரம்பு நார்' எனப்படும். நரம்பு நார்கள் தசைகளுடன் தொடர்புகொண்டு அவற்றை இயக்குகின்றன. நரம்பு நார்கள் கற்றை கற்றையாய்ப் பொருந்தியுள்ளன. நரம்புக் காரியங்கள் கற்றை கற்றையையொட்டியே நடைபெறும். நரம்பு நாரின் வழியே 'யதி' இகைக்கப்படல், அலை இகைப்பு முறையையொட்டியது. நரம்பு நார் பகுதி முன்னேயே பின்னேயே செல்வதில்லை. 'யதி' மட்டும் கடத்தப்படும்.

ஐம்பொறிகளுடன் தொடர்பான நரம்புகள், முறையே, உடலிலுள்ள சில பகுதிகளில் சேர்கின்றன. அப்பகுதிகளுக்கு 'நரம்பு இசைப்பு நடு' (ஸெண்ட்ரல் நர்வஸ் ஸிஸ்டம்) என்று பெயர். மூளை அதில் தலையாயது. மூளையைப்பற்றி அதிகமாய் அறியப்படவில்லை. அறிதலும் கடினம். ஆயினும் வெளியுலகு நமக்குப் புலனாகுமாறு செய்வது மூளையே. அதைப்பற்றிச் சற்றேனும் தெரிந்து கொள்ளல் நன்று.

தெரியாமல் கொதி நீரில் கையை வைத்துவிட்டோம். சட்டெனக் கையை எடுத்துவிடுகிறோம். சூட்டை உணர்ந்தவை விரல் நுனி நரம்பு முடிவுகள். கையைத் தூக்குபவை, கையின் தசைகள். கைத்

தசைகள் சாதாரணமாய் மூளையின் ஏவலால் வேலை செய்கின்ற 'வாலண்டரி' வகையினவை. ஆயினும் மேற்கூறப்பட்டவாறான சமயங்களில் மூளையின் ஏவலின்றியே தசைகள் வேலைசெய்கின்றன. விரல் நுனியில் ஏற்பட்ட யதி 'உணர் நரம்பு நார்கள்' (ஸென்ஸரி நர்வ் பைபர்கள்) என்றவற்றின் வழியே இசைக்கப்படுகின்றது. அவற்றின் நியூ ரோனினின்று அந்த யதி, 'இயக்கு நரம்பு நார்கள்' (மோட்டார் நெர்வ் பைபர்கள்) என்றவற்றின் நியூரோனுக்குக் கடத்தப்படுகின்றது. இயக்கு நரம்பு நார்கள் கைத்தசைகளை இயக்குகின்றன. ஒரு நியூரோனினின்று மற்றொன்றுக்கு யதி கடத்தப் படும் இடங்கள் 'ஸைனுப்ஸ்கள்' எனப்படுகின்றன. ஸைனுப்ஸ்கள் 'நரம்பு இசைப்பு நடு'வில் (ஸெண்ட்ரல் நர்வஸ் ஸிஸ்டத்தில்) அமைந்துள் ளவை. வெரிந்தண்டு (ஸ்பைனல் கார்டு), மூளைத் தண்டு (பிரெயின்ஸ்டெம்), சிறுவரை மூளை (ஸெரிபெல்லம்), செம்மல் மூளை (ஸெரிபெரம்) என்றவையே நரம்பு இசைப்பு நடுக்கள். மேற் கூறப்பட்டவாறான தசையியக்கம் வெரிந்தண்டி லுள்ள 'ஸைனுப்ஸ்' ஒன்றையொட்டி ஏற்படும்.

கை, கால்களை அசைத்தல் போன்ற எளிய பணிகள் செய்யப்படுவதற்கான ஸைனுப்ஸ்கள் வெரிந்தண்டில் உள்ளன. தாமே வேலை செய் கின்றவை என்ற உடலுறுப்புகளால் நடைபெறு கின்ற இரத்தவோட்டம், மூச்சுவிடல், முதலான காரியங்களைச் சரிவர நிரலாக்குவதற்கான

ஸைனுப்ஸ்கள், மூளைத்தண்டில் உள்ளன. உடல் நிமிர்ச்சியையும், சமமான நிலையையும் கவனித்துக் கொள்கின்றவை சிறுவரை மூளை ஸைனுப்ஸ்கள். 'மூளை'யென்று சாதாரணமாய் குறிப்பிடப்படும் செம்மல் மூளை, 'எண்ணல்', 'சிந்தனை செய்தல்,' தீர்மானித்தல்' என்றவற்றின் பொறுப்பை ஏற்றது. பல பொறிகளின் வாயிலாகவும் இசைக்கப்படும் நரம்பு யதிகள், இறுதியில்செம்மல் மூளையிலேயே பதிகின்றன. அப்படி அவை பதியும்போது 'உணர்ச்சி' ஏற்படுகின்றது. அவை ஆழ்ந்துபோகாது, பதிவுகள் அவ்வாறேயிருத்தலே நினைவு. அப்பதிவுகளின் தொடர்பை அறிதலே, சிந்தனை. 'சிந்தனை' மிகவும் சிக்கலானது. மேற்கூறப்பட்ட விளக்கம் மிக மேலோட்டமானது. சிந்தனைசெய்து தீர்மானித்தலே செம்மல் மூளையின் முக்கிய வேலையாயினும், நமது செயல் திறமைக்கு மூலமானதும் செம்மல் மூளையே. அது எல்லா ஸைனுப்ஸ்களையும் ஆள்வது. கொதி நீரில் கையை வைத்தால், வெரிந்தண்டு ஸைனுப்ஸை யொட்டி, அக்கை தூக்கியெடுக்கப்பட்டாலும், ஸைனுப்ஸ் செய்த வேலை செம்மல் மூளைக்கெட்டி விடும். வெரிந்தண்டு ஸைனுப்ஸையொட்டி செய்யப் படும் வேலை 'பிரதிபலிப்புச் செயல்' (ரிப்ளக்ஸ் ஆக்ஷன்) எனப்படும். மூளையில் 'யதி' பதியும்போதே உணர்ச்சியேற்படும். அப்பதிவு சீக்கிரத்தில் ஆழ்ந்து விடலாம். விரல் சுடப்பட்டது என்பது மறந்து போகும். விரலில் சூடுபட்டால், கையைத் தூக்கி யெடுப்பது, 'வெரிந்தண்டு பிரதிபலிப்பு' (ஸ்பைனல்

ரிப்ளக்ஸ்) சுட்டுப்போட்டாலும் ஒரு காரியத்தைச் செய்தே தீர்வேன் எனக் கூறச்செய்வது செம்மல் மூளை. அத்தீர்மானத்துடன் கையைக் கொதி நீரில் வைத்தால், வெரிந்தண்டு ஸைனுப்ஸால் கையை நீரினின்று தூக்கியெடுத்துவிடமுடியாது. ஆகவே கையும் காலும் தெரிந்து வேலைசெய்வது, செம்மல் மூளையின் கட்டளையால்தான். நாம் குழந்தையாயிருந்த காலந்தொட்டு, செய்யக் கற்றுக்கொள்கின்ற ஒவ்வொரு செயலுக்கும் மூலமானது செம்மல் மூளையே; நமது அறிவு வளர்ச்சிக்குக் காரணமானதும் அதுவே. பேசத் கற்றுக்கொள்கிறோம்; ஸைகிள் விடக் கற்றுக்கொள்கிறோம்; மோட்டார் ஓட்டும் திறமையை அடைகிறோம்; ஆகாய விமானத்தில் பறக்கத் தெரிந்துகொள்கிறோம்; உழுதொழிலைப் பயில்கிறோம்; துணி நெய்ய அறிகிறோம்; நாசுக்காய் ஆபரேஷன் செய்யும் தேர்ச்சி அடைகிறோம்; எழுதப் படிக்கக் கற்றுக்கொள்கிறோம். எல்லாம் செம்மல் மூளையின் செயலேயாம்.

நரம்பு ஸெல்கள் தொடர்புடனிருப்பதற்கான ஸைனுப்ஸ்கள் செம்மல் மூளை. சிறுவரை மூளை—மூளைத்தண்டு—வெரிந்தண்டு என்றவற்றில் அமைந்துள்ளவை எனக் கூறினோம் பொறிகளினின்றும், உறுப்புத் தசைகளினின்றும் இகைக்கப்படும் பதிகள் நரம்பிசைப்பு நடுவில் (ஸெண்ட்ரல் நெர்வஸ் ஸிஸ்டத்தில்) வந்து சேர்கின்றன. அவை இகைக்கப்படும் நியூரோன்கள் 'கொணர்' (அபரண்ட்) நியூரோன்கள் எனப்படுகின்றன. நரம்பிசைப்பு

நடுவிலின்று பல திசைகளுக்கும் இயக்கப்படும் கட்டளை மதிகள் செலுத்தப்படும் நியூரோன்கள் 'அனுப்பு' (எபண்ட்) நியூரோன்கள் எனப்படுகின்றன. நரம்பிசைப்பு நடு, படைத் தலைமைக் காரியாலயத்தைப்போன்றுள்ளது.

நரம்புத் தண்டின் நடு பாகத்தில் சற்று சாம்பல் நிறமான பொருள் உள்ளது. அது நரம்பு ஸெல்களாலானது. அதைச் சுற்றிலும் வெண்ணிறமான பொருள் உள்ளது. அது நரம்பு நார்களாலானது. மூளைத் தண்டிலும் அவ்வாறேயுள்ளது. மூளையின் உட்பகுதியில் வெண் பொருள் உள்ளது வெளிப்பகுதியில் சாம்பல் நிறப் பொருள் உள்ளது. வாலண்டரி இயக்கத்தைப் பயத்தற்கான நரம்பு நார் ஸெல்கள், செம்மல் மூளையில் திட்டமானதோர் இடத்தில் உள்ளன. மெய், வாய், கண், மூக்கு, செவியெனப்படும் உணர் உறுப்புகளினின்று வரும் மதிகள், முறையே பதிவதற்கான இடங்கள் வரையறுக்கப்பட்டுள்ளன. அவ்விடங்களில், அவ்வைம் புலனுணர்ச்சிகள், முறையேயேற்படுகின்றன. அப்பதிவுகளின் தொடர்பையறிந்து சிந்தனை செய்யும் 'எண்ணத் தொடர்புறவுப் புலங்கள் (அஸோஸியேஷன் ஏரியாக்கள்) விரிவாயுள்ளன.

நரம்பு மண்டலம், தந்திச்செய்தி அனுப்பப்படும் முறையை ஒத்துள்ளது என கூறப்படுகின்றது. நரம்புகள் கம்பிகளையொத்தவை. கம்பிகள் வழியே இடைவிட்ட மின்னோட்ட மதிகள் செல்கின்றன. நரம்புகள் வழியே உணர் மதிகள் இயக்கப்படு

கின்றன. தந்திச்செய்தி அஞ்சல் நிலையங்களை (ரிலே ஸ்டேஷன்களைப்)போல ஸைஃறுப்ஸ்கள் உள்ளன.

கம்பிகளின் வழியே அறிக்கைகள் செல்லும் போது, அக்கம்பிகளில் மின்னோட்டம் (எலக்ட்ரிக் கர்ரண்டு) விட்டுவிட்டுப் பாய்கின்றது. செய்திப் போக்குவரத்துக்கான கம்பியொன்றின் ஒரு நுனி தந்தியாக்கப்படும் இடத்தில் இருக்கும். மற்றொரு நுனி தந்தி போய்ச் சேரும் இடத்தில் இருக்கும். தந்தியடிக்கப்படும் இடத்தில், விட்டுவிட்டு மின்சாரம் செலுத்தப்படும் கருவியொன்றுள்ளது. அதைக்கொண்டு, கட்-கடவென்று இடைவிட்டவாறு தந்தியடிக்கலாம். கட்-களையும் கட-களையும் தக்கவாறு சேர்த்தமைப்பதால், எழுத்துக்கள் பலவற்றையும் குறிப்பிடலாம். உதாரணமாக 'A' என்ற எழுத்து கட்,-கட, 'B'-கட-கட்-கட்-கட். அவ்வாறே பல எழுத்துக்களும் குறிப்பிடப்படுகின்றன. எனவே தந்திச் செய்தி அறிக்கையிலுள்ள எழுத்துக்களை கட்-கட முறையில் அமைத்துவிட்டு அதையொட்டி கம்பியின் நுனியில் மின்சாரம் விட்டு விட்டு செலுத்தப்படும். தந்தி போய்ச்சேரும் இடத்திலுள்ள மற்றொரு நுனியில் மின்சார ஓட்டம் அதேவாறு இடைவிட்டு ஏற்படும். அதனால் இயக்கப்படும் கருவியொன்றிலுள்ள சட்டம் கட்-கட-வென்று அடிக்கும். அதைக் கேட்டு, அறிக்கையில் உள்ள எழுத்துக்களையும், அறிக்கை கூறும் செய்தியையும் அறிந்துகொள்ளலாம். இரு இடங்களிலும் தந்தியனுப்புக் கருவியும் (டிரான்ஸ்

மிட்டரும்) தந்தியடைக் கருவியும் (ரிஸீவரும்) அமைக்கப்பட்டால், அவ்விரு இடங்களிடை தந்திச் செய்தி போக்குவரத்து நடைபெறும்.

தந்திச்செய்தி அனுப்பும் முறை மின்சார ஓட்டத்தையொட்டியது என அறிந்துகொண்டோம். மின்சார ஓட்டம் என்ருல் என்ன, என்பதைப்பற்றி திட்டமாய் அறியப்படவில்லை. ஆயினும் மின்சாரத்தைக்கொண்டு பயனுறு வேலைகள் பல செய்விக்கப் படுகின்றன; மின்சாரத்தை உற்பத்திசெய்யும் வழிகள் அறியப்பட்டுள்ளன. மின்சாரம் மின்னுருக்கள்' (எலக்ட்ரான்கள்) என்றவற்றின் இயக்கமே என அறியப்பட்டுள்ளது. 'எலக்ட்ரான் கள்' என்ருல் என்ன எனக் கவனிப்போம்.

அணுக்களைப்பற்றி முன்னரே கூறியுள்ளோம். ஓரணுவின் நிறை மிகக்குறைவானது. 1 குன்றிமணி நிறை ஆக்ஸிஜனில் நாலு கோடி கோடானுகோடி (4,0000000,0000000,0000000) அணுக்கள் உள்ளன. பதின்மூன்று கோடி ஆக்ஸிஜன் அணுக்களை ஒன்றின் பக்கமொன்ருய் அடுக்கினுல், அந்நீளம் ஒரு அங்குலமிருக்கும். அவ்வளவு நுண்ணிய அணுவொன்றிலும் பெரும்பகுதி கூடிடமாகவே உள்ளது. அதன் நடுவில் நியூக்ளியஸ் ஒன்று உள்ளது. நியூக்ளியஸ் இடமின்சாரம் (பாஸிடிவ் எலக்ட்ரிஸிடி) கொண்ட முதலுரு (புரோடான்கள்) என்றவற்ருலானது. நியூக்ளியஸைச் சுற்றிலும் 'எலக்ட்ரான்கள்' எனப்படுபவை வட்டமிடுகின்றன. அவை மறு மின்சாரம் (நெகடிவ் எலக்ட்ரிஸிடி)

கொண்டவை. ஒரே வகையான மின்சாரங் கொண்டனவான இரு வஸ்துக்கள் அருகில் இருக்க நேர்ந்தால், அவை எதிர் வாட்டங்களில் விலகிப் போகும் போக்கானவை ஒரு வஸ்து இடமின்சாரத் துடனும், மற்றொன்று மறு மின்சாரத்துடனும் இருக்குமானால் அவை ஒன்றினால் ஒன்று கவர்ச்சி யுறுகின்றன. புரோடான் ஒன்றின் மின்னேற்பு (சார்ஜ்) அளவும், எலக்ட்ரான் ஒன்றின் மின்னேற்பு அளவும் (சார்ஜும்) நிகரானவை. ஒரு அணுவின் நியூக்ளியன்லிலுள்ள புரோட்டான்களின் எண் ணிக்கையும். வட்டமிடும் எலக்ட்ரான்களின் எண் ணிக்கையும் நிகரானவை. ஆகவே அணு, மொத்தத் தில் ஏவ்வகை மின்னேற்புமில்லாததாயுள்ளது. ஹைட்ரஜன் என்ற அடிப்பண்டத்தின் அணு வொன்றில் ஒரு புரோடானும், ஒரு எலக்ட்ரானும் உள்ளன ஹீலியம் என்ற அடிப்பண்ட அணு வொன்றில் இரண்டு புரோடான்களும், இரண்டு எலக்ட்ரான்களும் உள்ளன. இம்முறையையொட்டி ஒவ்வொரு அடிப்பண்ட அணுவும், முறையே, அதனதற்கான புரோடான், எலக்ட்ரான் தொகை களைக்கொண்டுள்ளன. ஓாணு அதற்கு முறையே யான எலக்ட்ரான்களைக் கொண்டுள்ளபோது அது மறுமின்னேற்பானது (நெகடிவாய் சார்ஜானது) எனப்படும். அதனின்று சில எலக்ட்ரான்கள் தகர்க்கப்பட்டதால், குறைந்த எண்ணிக்கையான எலக்ட்ரான்களுடனிருந்தால், அது இடமின்னேற் பானது (பாஸிடிவாய் சார்ஜானது) எனப்படும்.

மின்னேற்பான (சார்ஜான) அணுக்கள் 'அயன்கள்' எனப்படுகின்றன. நாம் முன் அத்தியாயத்தில் குறிப்பிட்ட அயான்களும் மின்னேற்பானவையே. ஹைட்ராக்ஸோனிய அயான் இடமின்னேற்பானது (பாஸிடிவ் சார்ஜானது); ஹைட்ராக்ஸைல் அயான் மறுமின்னேற்பானது (நெகடிவ் சார்ஜானது.)

நாம், சாதாரணமாய் மின்சாரம் என்பது எலக்ட்ரான்களின் திரள். அவையெல்லாம் ஒரே வகை மின்னேற்பானவையாதலால், ஒன்றினின்றொன்று எதிர்போகு விலக்குத்தன்மையானவை. அவ்வெதிர்போகு விலக்கவன்மை அதிகமாயிருக்கும். ஓரிடத்தில் ஒரு சமயத்திலுள்ள எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை ஆங்கான மின்சாரத்தினளவைக் குறிப்பிடும் ஒரு ஸெகண்டில் ஓரிடத்தினூடே செல்கின்ற எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை, ஆங்கான மின்னோட்டத்தின் அளவைக் குறிப்பிடும். எலக்ட்ரான்களின் விலகு வலிமை, மின்னியக்க வலிமையின் (எலக்ட்ரோமோடிவ் போர்ஸின்) அளவைக் குறிப்பிடும் .

ஒரு பொருளின் அணுக்களது எலக்ட்ரான்கள் சில அணுக்களினின்று தனிப்பட்டுத் திரள்வதினால் மின்சாரம் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றது. என அறிந்துகொண்டோம். அணுக்களது எலட்ரான் களைத் தனிப்படுத்த பல வழிகள் உண்டு ஒரு வஸ்துவை மற்றொரு வஸ்துவால் அழுத்தித் தேய்ப்பதால், அதாவது உராய்வால், சில எலக்ட்ரான்களை அவற்றின் அணுக்களினின்று

உருவிவிடலாம். இவ்வழியே சில எலக்ட்ரான்களையே கழற்ற இயலும். எனவே அதிக வளவான மின்சாரத்தை உற்பத்திசெய்ய இயலாது. ரஸாயன மாற்றத்தையொட்டி மின்சாரத்தை உற்பத்தி செய்யலாம். சில கரைய்ங்களில், மின்னேற்பான (சார்ஜான்) அயான்கள் இருக்கும் எனக்கூறியுள்ளோம். அவை நடுப்படும் (நியூட்ரல் ஆகும்) வேட்கையானவை. எனவே, இடமின்னேற்பான (பாஸிடிவ் சார்ஜான) அயான்களுள்ள இடத்தையும் மறுமின்னேற்பான (நெகடிவ் சார்ஜான) அயான்களுள்ள இடத்தையும் கம்பியொன்றின் வழியே சேர்த்தால், அக்கம்பியின் வழியே எலக்ட்ரான்கள் ஓட்டம் ஏற்படும். அதாவது மின்னோட்டம் ஏற்படும். இவ்வழியே மின்சாரக் கொட்டலிகளை (பாட்டரிகளை) க்கொண்டு மின்சாரம் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றது. ஆயினும், அதன் மின்னியக்க வலிமையினளவு அதிகமாயிருக்காது. காந்த வலிமையைக்கொண்டு, ஒரு கம்பியிலுள்ள தனிப்பட்ட எலக்ட்ரான்களுக்கு, ஒரு நுனியினின்று மற்றொரு நுனிக்கு விலகிச்செல்லுமாறு செய்து மின்சார உற்பத்தி செய்தல் மூன்றுவது வழி. இம்முறையையொட்டியே மின்வலிமைப் பயந்திகள் (டைனமோக்கள்) அமைக்கப்படுகின்றன. அவற்றால், அதிகவளவு மின்சாரத்தை அதிக மின்னியக்க வலிமையளவானவாறு உற்பத்திசெய்யலாம்.

மின்சாரத்தைப்பற்றி அறியப்பட்டுள்ள விஷயங்கள் ஏராளமானவை. மின்சாரத்தால் செய்விக்

கப்படும் வேலைகள் அபாரமானவை. நாம் கூறிய விஷயங்கள் மிக மேலோட்டமானவை. 'மின்சாரக் கலை நூல்கள்' (எலக்ட்ரிகல் டெக்னலஜி வொர்க்குகள்) பல்லாயிரக்கணக்காய் உள்ளன. மின்சார விஞ்ஞியல் நூல்களும் எவ்வளவோ உள்ளன. அவையெல்லாம் அறிவும் செயலும் ஒத்துழைக்கும் மூளையுள்ள அறிஞர் பலரால் எழுதப் பட்டவை. ஐம்புலன்களால் அறிந்தவற்றைக் கொண்டு, பேரறிவும் அருஞ்செயல்களும் விளைவிப்பதற்குக் காரணமானது செம்மல் மூளையே புலனறிவும் சிந்தனையறிவும் அநுபவ அறிவும் ஒன்று கூடல் செம்மல் மூளையிலேயே. ஒரு மனிதனின் செம்மல் மூளையைப்போன்றது, ஒரு சமுதாயத்தில் வழங்கிவரும் விஞ்ஞான முறைகள். ஒருவனின் செம்மல் மூளைச் சிறப்பே, அவனது செயற் சிறப்பிற்குக் காரணமானது. ஒரு சமுதாயத்தனரின் விஞ்ஞானச் சிறப்பே, அச்சமுதாயத்தினரின் கூட்டுச் செயற்சிறப்பிற்குக் காரணமானது.

VII

தொட்டும் முகர்ந்தும் சுவைத்தும் பொருளியலறிதல்.

'தொட்டுணர்தல்' அல்லது ஊறுவுணர்ச்சி ஒரே தன்மையான உணர்ச்சியல்ல. ஒரு பொருளைத் தொடுவதால் ஏற்படும் உணர்ச்சிகள் பலவித மானவை. பட்டும் படாததுமாய்த் தொடும்போது

ஏற்படும் உணர்ச்சி சூட்டுணர்ச்சி—குளிருணர்ச்சி—அமுக்க உணர்ச்சி—கடின—மிருதுணர்ச்சி—நோவினுலான உணர்ச்சி—என்பவையும் இன்னும் பலவும் ஊறுவுணர்ச்சியின்பாற்பட்டவையே. ஆயினும் தொட்டுணர்ச்சிக் கருவிகள் எல்லாம், எல்லா வகை உணர்ச்சிகளுக்கும் காரணமானவை அல்ல. ஒவ்வொரு வகை உணர்ச்சியுடனும் தொடர்பான நரம்பு நார் முடிவுகள், முறையே, வெவ்வேறு உடற்பாகங்களில் அமைந்தவை.

'ஊறுவுணர்ச்சி' என்றதற்குப் பொதுவான பொறி, மேற்ருேல். உடலிலுள்ள டிஷ்யூக்கள் மீதெல்லாம் கொழுப்பு படர்ந்திருக்கும், எனக் கூறியுள்ளோம். தசைகள் எல்லாம் கொழுப்புப் படலத்தால் மூடப்பட்டவை. கொழுப்புப்படலங்களின்மீது, உடல் முழுவதையும் போர்த்த உறை போல், தோல் அமைந்துள்ளது. அது விறைப்பாய் இல்லை; சற்றுத் தளர்ந்தவாறே உள்ளது. தோல் துவளலானது (பிளக்ஸிபிளானது). தோலில் முக்கியமாய் இரு படலங்கள் உண்டு. வெளிப்புறமாயுள்ளது மீவுரிவை (எபிடர்மிஸ்) எனப்படும், உட்புறமாயுள்ளது மெய்யுரிவை (டர்மிஸ்) எனப்படும். எபிடர்மிஸ் மெல்லிதும் சற்று சொரசொரப்புமானது. அது உயிர் ஸெல்களாலானதன்று. அதில் நரம்பு நார் முடிவுகள் இல்லை; இரத்தப் புரைகள் இல்லை. அது அடிப்புறமுள்ள டர்மிஸின் கவசம். டர்மிஸ் தோல் ஸெல்களாலானது. அதில் இரத்தப் புரைகளும் நரம்பு நார் முடிவுகளும் உண்டு. தோல்

முழுதும் பல சிறு இடுக்குகள் (போர்கள்) உள்ளன. டர்மிஸின் ஸெல்களில் ஒருவகை நிறச் சாந்து உள்ளது. அது 'வண்ணச்சச்சை' (பிக்மண்டு) எனப்படும். சிலரில் அது அதிகமாகவும், சிலரில் குறைவாகவும் இருக்கும். வண்ணச்சச்சை அதிகமா யுள்ளவர், கருஞ்சாயலினராயிருப்பவர். வண்ணச் சச்சையினளவு குறையக் குறைய, முறையே, மற்ற பல சாயல்களினராய், மக்கள் காணப்படுகின்றனர். தோலின்மீது வெயில் படுவதால், வண்ணச்சச்சை (பிக்மண்டு) அதிகமாய் உண்டாக்கப்படும். அதனு லேயே வெயிலில் அதிகமாய் அடிபடும்போது, ஒருவரின் நிறம் கருக்கின்றது. டர்மிஸில் தொட் டுணர் நரம்பு நார் முடிவுகள் அமைந்துள்ளன. அவை குறுக்கும் நெடுக்குமாய், கிளை பிரிந்தவாறு பரவியுள்ளன. ஒரு வகையினவை 'நோவுதல்' என்ற உணர்ச்சிக்கானவை. அவை அடர்த்தியாய் உள்ளன. அவை அடர்த்தியாயிருந்தாலும், தோற்பகுதிகள் எல்லாவற்றிலும் உள்ளவை அல்ல. கண்ணிமை. உள் தோலில் நோவு நரம்பு முடிவுகளைத் தவிர வேறு உணர்ச்சி நரம்பு முடிவுகள் இல்லை. நமது உள்ளுறுப்புக்கள் பலவற்றில் நோவு நரம்பு நார் முடிவுகள் இல்லை. தோலின் பகுதிகள் சிலவற்றில் தொட்டுணர் நரம்பு நார் முடிவுகள் உள்ளன. சிலவற்றில் சூடுணர் நரம்பு நார் முடிவுகள் உள்ளன; சிலவற்றில் குளிருணர் நரம்பு நார் முடிவுகள் உள்ளன. பாஷினியின் கார்புஸ்ல்கள் எனப்பட் டவை தோலிலும், மூட்டுகளிலுமுள்ள ஏடுகளிலும்

இன்னும் பல இடங்களிலும் உள்ளன. அவை அமுக்கமுணர் நரம்பு முடிவுகள். தசையின் டெண்டன்களிலும் அவ்வாறான அமுக்கமுணர் நரம்பு முடிவுகள் உள்ளன

ருசியுணர்தல், நாக்கின் நுனியிலுள்ள 'சுவை முளைகள்' என்ற நரம்புகளின் காரணமான உணர்ச்சி. அவ்வுணர்ச்சி ரஸாயனீயமானது. சுவை, தித்திப்பு, உப்பு, காரம், கசப்பு, புளிப்பு, துவர்ப்பு என்று அறுவகையானது. அவற்றைத் தவிர சுவைகள் என எண்ணப்படும் பல, அவற்றின் மணங்கமழும் தன்மைகளினாலேயே சுவைகள் என உணரப்படுபவை. வெண்காய சாம்பாரின் சுவை, அதன் மணங் காரணமானதே.

மோப்ப உணர்ச்சியும் ரஸாயனீயமானதே. ஒரு பொருளின் மிக நுண்ணிய துகள்களில் சில மூக்கின் நரம்பு முடிவுகளின்மீது பட்டு ரஸாயனீய மாற்றம் விளைவதையொட்டிய யதிகள், மோப்ப உணர்ச்சிக்குக் காரணமானவை. மூக்குத் துவாரத்தின் மேல்வாட்டத்து அமைந்த எலும்புகளிடையுள்ள இடுக்குகளினூடே, மூளையிலிருந்து நரம்பு நார்கள் வருகின்றன. அவற்றினது செல்களின் மற்ற நுனிகளே மோப்பமுணரும் நரம்பு முடிவுகள்.

நமது ஊறு உணர்ச்சியால் பொருள்களின் தன்மைகளை அறிகிறோம். ஒரு பொருள் திடமானதா, திரவமானதா, அன்றி வாயுவானதா என உணரலாம். அது கடினமானதா, கெட்டியானதா, மிருதுவானதா, உரமானதா இன்னோரன்ன

தன்மைகளையும் உணரலாம். பொருள்கள் எல்லாம், முறையே, அவ்வவற்றிற்கான மூலத்துகள்களாலும் அணுக்களாலும் ஆனவை, என அறிவோம். பொருள்களின் தன்மைகள் அவற்றின் மூலத்துகள்களினதும், அணுக்களினதும் பொருந்துதலை யொட்டியுள்ளவை. வாயு மூலத்துகளும், திரவ மூலத்துகள்களும், திட மூலத்துகள்களும், முறையே, அவையுள்ள பொருந்தல்களில் அமையும் விதங்களைப் பற்றி முன்னரே கூறியுள்ளோம். மூலத்துகள்கள் நிலையாய்ப் பொருந்தியும், அவற்றிலுள்ள அணுக்கள் தக்கவாறு ஊசலாடிக்கொண்டும் உள்ள பொருள்கள் திடப்பொருள்கள். கிராதிகளாய்ச் சட்டங்களை அமைத்து இடையிலுள்ள துவாரங்களில் சிறு வஸ்துக்கள் ஊசலாடிக்கொண்டுள்ளவாறுள்ளவை திடப்பொருள் அணுக்கள். மூலத்துகள்கள் ஒரு வரம்பினுள் குதித்துக்கொண்டுள்ளபோதான நிலைமையிலுள்ள பொருள், திரவப்பொருள். மூலத்துகள்கள் வரம்பின்றி, அவையுள்ள இடம் முழுவதிலும் அலைந்துகொண்டுள்ளபோது ஏற்படும் நிலைமை, வாயுப்பொருளின் நிலைமை. ஒரே பதார்த்தம் திடமாகவோ, திரவமாகவோ, வாயுவாகவோ இருக்கலாம். நீர் குளிர்ந்தால் பனிக்கட்டியாகின்றது; நீர் சூடானல் ஆவியாகின்றது. ஆகவே சூட்டைக்கொண்டு திடப்பொருளைத் திரவமாய் உருக்கலாம்; திரவப்பொருளை வாயுவாய் ஆக்கலாம்; என, அறிகிறோம். நிலைமை மாற்றுவதற்கான சூடு, 'பொதிந்துள் சூடு'' (லேடண்டு ஹீட்) எனப்படுகின்றது.

இராநிச் சட்டப் பொருத்தம் (லாட்டிஸ்) ஆன வாறு பல மூலத்துகள்கள் ஒழுங்குபெற அமைந்துள்ள இடப்பொருள் 'படிகமுருவி' (கிரஸ்டல்) எனப்படும். வயிரத்தின் மூலத்துகள்கள், அணு எலக்ட்ரான்களில் உறுதியாய்ப் பந்தனமானவை. அதனாலேயே, வயிரம் மிக்க உரமான பொருளாயுள்ளது. நீளம்-உயரம்-அகலம் என்ற மூன்று வாட்டங்களிலும் அதன் மூலத்துகள்கள் பந்தனமானவை. மைக்கா என்ற பொருளில் நீளம்-அகலம் என்ற இரு வாட்டங்களிலேயே அவை பந்தனமானவை. எனவே அது படலம் படலமாய் உரிபடினும், படலமொன்று உரமாயுள்ளது. நூல், நார், பட்டு முதலானவற்றின் மூலத்துகள்கள் ஒரு வாட்டத்தில்மட்டும் எலக்ட்ரானி பந்தனமானவை. அவை அந்நீள்வாட்டத்தில் உரமாயுள்ளவை.

கட்டிடங்கள், பாலங்கள், முதலானவற்றை நிருமிக்கும் எஞ்சினியர்கள், தாம் கையாளும் பொருள்களின் உறுதியையும் பலத்தையும்பற்றித் திட்டமாய் அளவைசெய்து அறிய விரும்புகின்றனர். அவற்றைப்பற்றி மூக்கியமாய் அறியப்படவேண்டிய விஷயங்கள் பின்வருமாறுனவை. அவற்றின் கடினம் கொய்தியல் (பிரிட்டில்னெஸ்), வளையுறுதி, (டப்னெஸ்), முரண் (டெனாஸிடி), மீள்விறல் (எலாஸ்டிஸ்டி) அளவைகள். சோதனை மெஷீன்கள் (டெஸ்டிங்கு மெஷீன்கள்) என்பவற்றைக்கொண்டு அவ்வளவைகள் செய்யப்படுகின்றன. வார்ப்பிரும்பு பண்ணு இரும்பு (ராட் ஐரன்), எஃகு, கான்கிரீட்,

பெர்ரோ கான்கிரீட் இன்னோன்ன பலவற்றின் தன்மைகள் அளவிட்டறியப்பட்டுள்ளன.

திரவங்களின் தன்மைகளைக் கவனிக்கலாம் திரவமொன்று ஒரு பாத்திரத்தில் ஊற்றப்பட்டிருந்தால், அதன் மேற்பரப்பு சமமட்டமாயுள்ளது. திரவ மூலத்துகள்கள் நிலக்கவர்ச்சி வலிமைக்குட்பட்டு சரிந்து விழுவதினுலேயே, மேற்பரப்பு சமமட்டமாயுள்ளது. பாத்திரத்தினுள் உள்ள திரவ மூலத்துகள் ஒன்று பல வாட்டங்களிலும். அதன் அருகிலுள்ள மூலத்துகள்களால் கவர்ச்சியுறுகின்றது. அவ்வலிமைகள் பரஸ்பரமாய் ரத்தாகி விடுகின்றன. மேற்பரப்பிலுள்ள மூலத்துகள் ஒன்று அதன் பக்கவாட்டங்களிலும் கீழ்வாட்டத்திலுமுள்ள மூலத்துகள்களால் மட்டுமே கவர்ச்சியுறுகின்றது அவ்வாறு இழுபட்டுக்கொண்டிருப்பதால், மேற்பரப்பிலுள்ள மூலத்துகள்களின் தொகை சாத்தியமானவரை குறையும்; மேற்பரப்பினளவு சாத்தியமானவரை சிறிதாகும். நீர் மிக்க கொஞ்சமாயிருந்தால் அதன் நிறையும் மிகச்சிறிதளவாகும். நிலக்கவர்ச்சி வலிமை அதிகமாயிருக்காது. மூலத்துகள்களின் கவர்ச்சி வலிமையே அதிகமாயிருக்கும். ஓரளவுப் பருமனுன பொருளின் மேற்பரப்பு இயன்றவரை சிறிதளவாயுள்ளபோது, அதன் வடிவம் உருண்டையாயிருக்கும். அதனுலேயே சிறு நீர்த்துளிகள் உருண்டை வடிவமாயுள்ளன. சற்று பெரிய துளி இட்டலி வடிவமாயுள்ளது நிலக் கவர்ச்சி வலிமைக்குட்பட்டு மூலத்துகள்கள்

சரிந்தவாறு கவர்ச்சியுற்றுள்ளன. நீரினளவு இன்னும் அதிகமானால் மூலக்கூறுகள் இன்னும் அதிகமாய்ச் சரிந்து மேற்பரப்பு சமமட்டமாகின்றது. ஆயினும் அப்பரப்பு குறுகி சிறிதளவாகும் போக்குடனுள்ளது. ரப்பர் தாள் (ஷீட்) ஒன்றை இழுத்துப் பிடித்துக்கொண்டிருந்தால், அது, அவ்வலிமையை எதிர்த்து, இயன்றவரை பரப்பு சிறிதானதாயிருக்கும். திரவமேற்பரப்பு அந்த ரப்பர் தாளை ஒத்துள்ள படலம். ரப்பர் தாளின் மேற்பரப்பை அதிகரிக்கவேண்டுமானால், அதை வலித்திழுக்கிறோம். திரவ மேற்பரப்பை அதிகரிக்க வேண்டுமானாலும் அவ்வாறே இழுக்கவேண்டும். திரவ மேற்பரப்பைப் பெரிதாக்கத் தேவையான இழு வலிமை, 'பரப்பு ஆர்த்திகல்' (ஸர்பெஸ் டென்ஷன்) எனப்படும். பரப்பு ஆர்த்திகலினளவு எல்லா திரவங்களிலும் ஒரேயளவானது அல்ல. பரப்பு ஆர்த்திகல் முறையையொட்டியே, விளக்குத்திரியின் இடுக்குகளினூடே எண்ணெய் ஏறுகின்றது.

நீரில் சில திடப்பொருள்கள் அமுங்குகின்றன; சில மிதக்கின்றன. அவ்வாறே, ஒவ்வொரு திரவத்திலும், முறையே, சில திடப் பொருள்கள் அமுங்குகின்றன; சில மிதக்கின்றன. திரவமொன்றில் அமுங்கும் திடப்பொருள்களின் செறிவு, அத்திரவத்தின் செறிவைவிட அதிகமாயிருக்கும்; மிதக்கும் திடப்பொருளினது திரவத்தினதைவிடக் குறைவாயிருக்கும். திரவமொன்றில், திடப்பொருள் உள்ளபோது,

அது திரவத்தால் மேல் நோக்கித் தள்ளப்படுகின்றது. அவ்வாறு தள்ளப்படும் வலிமை, திடப்பொருள் பருமனேயான திரவத்தின் கனவளவானது. திரவத்தின் செறிவு, திடப்பொருளின் செறிவைவிடக் குறைந்திருந்தால் மேல் நோக்கித் தள்ளப்படும் வலிமை, திடப்பொருள் நிலக்கவர்ச்சியால் கீழே இழுக்கப்படும் வலிமையைவிடக் குறைவாயிருக்கும்; திடப்பொருள் அமுங்கும்; திரவத்தின் செறிவு திடப்பொருளினதைவிட அதிகமாயிருந்தால், மேல் நோக்கித்தள்ளப்படும் வலிமை அதிகமாகும்; திடப் பொருள் மிதக்கும்.

திரவ மூலத்துக்கள்களிடையான கவர்ச்சிவலிமையளவு, திரவத்திற்கு திரவம் வேறுபடுவது. ஒரு திரவ மூலத்துகள் சாய்ந்துவிழும் இணக்கம், மற்றொன்றினதுடன் நிகாரனதல்ல. சரிவு இணக்கத்தையொட்டிய திரவப்பான்மைக்கு 'பாகுதரம்' (விஸ்காஸிடி) என்று பெயர். விளக்கெண்ணெய் 'பாகுதரம்' மிக்கது; பெட்ரோல், நீர், முதலானவை 'பாகு தரம்' (விஸ்காஸிடி) குறைந்தவை. திரவங்களின் பாகுதரவளவையொட்டியும், அவற்றின் மூலத்துகள்கள் மற்றதிடப் பொருள் மூலத்துகள்களால் கவர்ச்சியுறும் வலிமையையொட்டியும், மெஷின்களை வழுக்கலாக்கும் திரவங்கள் தேர்ந்தெடுக்கப்படுகின்றன.

திரவங்களினூடே, திடப்பொருள்கள் செல்லும் போது, அவற்றைக் கிழித்துச் செல்கின்றன. திரவ மூலத்துகள்களின் பரஸ்பர கவர்ச்சி வலிமை-

யை எதிர்த்துச் செல்கின்றன எனலாம். அவ்வாறு செல்லும்போது, பரப்பு ஆர்த்திகலே (ஸர்பேஸ் டென்ஷனை) யொட்டிய சுழிகளும். நிலக்கவர்ச்சியை (கிராவிடியைப்) யொட்டிய அலைகளும் ஏற்படுகின்றன. அவை ஏற்படாதவாறிருந்தால், திடப் பொருளைச் செலுத்துவதற்கான சக்தி குறையும். கப்பல்கள் முதலானவை, அவ்வெதிர்ப்புக் குறையளவாய் அமையும் வண்ணமான வடிவுகளுடன் கட்டப்படுகின்றன. அவ்வாறு செய்யப்படல், கோடுவயவை ஓட்டக்காலமைத்தல், (ஸ்ட்ரீம் லைனிங்கு) எனப்படும். சிறுவஸ்துக்கள் நீரினூடே செல்லும்போது, சுழிகளே பயத்தப்படுகின்றன. அவை அதிகமாய் ஏற்படாதவாறு அமைக்கப்படும் வடிவம் முன்புறம் சப்பட்டையாயும், பின்புறம் கூர்பியவாறும் உள்ளது. மீன்கள் இயல்பாகவே அவ்வடிவினவை. கப்பல்கள் போன்ற பெரும் வஸ்துக்கள் நீரினூடே செல்லும்போது அவற்றை எதிர்ப்பதில் முக்கியமானவை அலைகள். முன்புறப் பரப்பு அதிகமானல், அலைகள் அதிகமாய் ஏற்படும். எனவே கப்பல்கள் முன்புறமும் பின்புறமும் கூம்பியவையாய் கட்டப்படுகின்றன.

திரவங்களில் திடப்பொருள்கள் கரைக்கப்படலாம். ஒரு திரவத்தில் மற்றொரு திரவமும் கரைக்கப்படலாம். கரையமாக்கும் பான்மையையொட்டி திரவங்கள் பயன்படுகின்றன. நமது உணவுப்பொருள்கள் நீரில் கரைக்கப்படும் பொருள்களாகிக் கரையமாவதினாலேயே, ஜீரணிக்கப்படு

கின்றன. கரையமான வலுணை இரத்த வோட்ட முறையையொட்டி உடலின் பலபாகங்களுக்கும் செல்ல இயலும். வைத்தியர்கள் மிகச்சிறிதளவாய் பொருள்களைத்தர கரைய முறையையே கையாள் கின்றனர் கரைய முறையையொட்டியே மூலிகை களிலிருந்து மருந்துச்சரக்குகள் செய்யப்படுகின்றன. கரைய முறையைக் கையாண்டே பொருள்களைக் கழுவித் துப்புரவாக்குகிறோம். படிகமுருவிகள் (கிரிஸ்டல்கள்) கரையங்களினின்றே செய்யப்படு கின்றன. சாதாரணக் கரையங்கள் ஒரு படித்தியலானவை. (ஹாமோ ஜீனஸானவை) மின் னேற்பு அயான்களமைந்த கூழ்த்தேறல்' (கொல்லா யிடல்) கரையங்கள் என்றவையும் உண்டு. 'நெய்ப் பயசு' (எமல்ஷன்) என்ற அவ்வகைக் கரையம் முக்கியமானது. கொல்லாயிடல் கரையங்கள் வைத்திய சிகிச்சையில் மிகவும் பயன்படுபவை. கூழ்த்தேறல் (கல்லாயிடல்) கரையத்துளியொன் றை மைகிராஸ்கோப்பின் வழியே நோக்கினல் பதைபதைப்புகளைக் காணலாம். அது 'பிரைள னியன் இயக்கம்' எனப்படும் மூலத்துகள்கள் என்றநுண் துகள்களின் இயக்கத்தை யொட்டிய ப்தைபதைப்பையே நாம் காண்கிறோம். எனவே அவை உள்ளனவே என்பதற்கான கண்கூடான சான்று அதுவேயாம்.

பலவகை வாயுக்கள் தக்கவாறு செய்யப்பட்டு, கும்பித்தலிருத்திகளில் (காஸ் ஹோல்டர்களில்) அடக்கப்பட்டு விற்பனை செய்யப்படுகின்றன. காற்

நடக்கப்பட்ட வைகளின் உபயோகங்கள் எண்ணி லடங்காதவை. வெடித்துப் பாக்கிகளிலிருந்து ரவைகள் எறியப்படல், அமுக்கமான வாயுவொன்று சடுதியாய் விரிதல் என்ற முறையையொட்டியேயாம். வெடிகுண்டுகள், தோட்டாக்கள் முதலானவற்றி லுள்ள வெடி மருந்துகள் வெடிப்பிக்கப்படும் போது அவை ரஸாயன மாற்றமாகி பலவாயுக்களாய் ஆகின்றன. அம்மாற்றத்தையொட்டி அதிக சூடும் பயத்தப்படுகின்றது. வெடிகுண்டு அன்றி தோட்டாவின் சிறிதளவான இடத்தில் அதிக வெப்ப நிலையில் அவ்வாயுக்கள் உள்ளமையின் அவை அதிக அமுக்கத்துடன் உள்ளவை. அவை பல்லாயிர மடங்குப் பருமனுள்ளவையாய் விரிகின்றன அவ் விரிவையொட்டிய அபார வலிமையே வெடிகுண்டுகள் முதலானவற்றால் ஏற்படும் துவம்ஸத்திற்குக் காரணமானது.

சூட்டின் விளைவுகளைக் கவனிக்கலாம். திடப் பொருள் மூலத்துகள்கள் அசைவின்றியுள்ளவையாயினும், சூடேறும்போது அவற்றிடையான தூரம் மிக நுண்ணளவு அதிகமாகின்றது அது எல்லாவாட்டங்களிலும் சற்று பெரிதாகின்றது. வெப்பநிலை (டெம்பரேசர்) அதிகமாவதால் திடப் பொருளொன்றில் ஏற்படும் அதிக நீட்சி சொற்பமே யாயினும். அது மிக்க வலிமையுடன் நேரிடுவது. இருப்புப் பாலத்து கர்டர்கள், இருப்புப்பாதைத் தண்டவாளங்கள் முதலானவை, வெளிப்பவன

வெப்ப நிலை மாற்றங்களால் ஏற்படக்கூடிய அளவு வேறுபாடுகளை யொட்டிய வலிமைப் பிரயோகத்தின் நிமித்தம், பெயர்ந்துவிடாதவாறு அமைக்கப்பட வேண்டும். எஞ்சினீயரிங்கு வேலைகள். செய்யப்படும் போது, அவ்விஷயம் கவனிக்கப்படுகின்றது. வண்டிச் சக்கரங்களுக்கு இருப்புக்கட்டுகள் பொருத்தப் படும் முறை, வெப்பநிலை மாற்றங்களைப் பொருத் தானது.

திடப் பொருள்கள் சூடு கடத்துகின்றவை (கண்டக்டர்கள்) அவற்றின் மூலத்துகள்கள் முறையே சூடேறி, ஒன்றொன்றுக்கு சூடு கடத்தப் படுகின்றது. உலோகங்கள் சூடு கடத்தும் திறன் (கண்டக்டிவிடி) மிக்கவை. சமையல் பாத்திரங்கள் நல்ல சூடு கடத்துப் பொருள்களால் செய்யப்படல் நன்று. ஆதலின் அவை. பொதுவாக, உலோகங்க ளால் செய்யப்படுகின்றன. வெப்பநிலை வேறுபடா மலிருக்க வேண்டிய பொருள்கள், சூடுகடத்துத் திறன் குறைந்த பொருளாலான உறைக்குள் வைக் கப்படுகின்றன. நிலையாயுள்ள வாயுக்கள் சூடு கடத் தும்திறன் குறைந்தவை. பல இடுக்குகளை (போர் களை)க்கொண்ட திடப் பொருளொன்றில், அவ்விடு குக்களில் காற்று நிலையாய் அடைபட்டிருக்கும். அவ்வாறான இடுக்குப்பொருள் (போரெஸ் மெடீரி யல்) சூடு கடத்துத்திறன் (கண்டக்டிவிடி) குறை வானதாயிருக்கும்.

திடப்பொருளொன்று சூடேற்றப்படும்போது முதலில் விரிகின்றது. அதிகமாய்ச் சூடேற்றப்

பட்டபோது உருகுகின்றது. சுத்தமான பொருளொன்று அதைப் பொட்டிய வெப்ப நிலையான போதே உருகுகின்றது. அவ்வெப்ப நிலைக்கு 'உருக்குக்கூர்மைச் சுட்டல் வெப்பநிலை (மெல்டிங்கு பாயிண்டு) என்று பெயர். கலப்புப் பொருள்கள் அவ்வாறு ஒரே வெப்பநிலையில் உருகுவதில்லை ஒரு வெப்பநிலையில் அவை இளகுகின்றன. வெப்ப நிலை அதிகமாக, ஆக, மேலும் மேலும். இளகிவந்து இறுதியில் திரவமாகின்றன. காரீயம் சுத்தப் பொருள். அதன் உருக்குக்கூர்மைச் சுட்டல் வெப்பநிலை (மெல்டிங்கு பாயிண்டு)327°C. வெள்ளீயத்தின் உருக்குக் கூர்மைச்சுட்டல் வெப்பநிலை (மெல்டிங்கு பாயிண்டு) 232°C. அப்பொருள்கள் இரண்டும் கலந்த அளாவல் (அல்லாய்) பற்றியம் (ஸோல்டர்). அது, 180°C வெப்பநிலையில் இளகத்துவங்கி, 220°C வெப்பநிலையில் திரவமாகின்றது. 180°Cக்கும் 220°Cக்கும் இடையில் அது திடமும் திரவமுமில்லாத கூழ்ப்பசையாயிருப்பதினாலேயே, பற்றுவைக்க வசதியாயுள்ளது.

சில திடப் பொருள்கள் சூடேற்றப்பட்டபோது உருகாது ஆவியாகின்றன. அது 'உத்துங்கமாதல்' (ஸப்ளிமேஷன்) எனப்படும். மாசுகலந்த பொருளொன்றை உத்துங்கமாக்கி (ஸப்ளீம் செய்து) சுத்தமாக்கலாம்.

சில திடப்பொருள்கள் சூடேற்றப்பட்டபோது உருகுவதும், உத்துங்கமாவதும் இல்லை. அவை சிதிலமாகின்றன (டீகம்போஸ் ஆகின்றன).

திரவங்கள் சூடாக்கப்படும்போது அவற்றின் பருமன் அதிகமாகின்றது. கண்ணாடிக்குழாயொன்றிலுள்ள பாதரஸத்தின் பருமன் வேறுபாட்டையொட்டியே, வெப்பநிலையளவி (தெர்மா மீடர்) அமைக்கப்படுகின்றது. ஒரு பொருள் எவ்வெப்பநிலையானது என்பது அதன் மூலத்துகள்களின் இயக்கச்சக்தியைப் பொருத்துள்ளது. அவ்வியக்கச் சக்தியை யொட்டிய தன்மையையே நாம் 'சூட்டியல்' எனக்கூறுகிறோம். ஒரு பொருளின் மூலத்துகள்கள் இயக்கமேயில்லாதவாறு அமைதியாயிருப்பின், அது சூட்டியலற்றதாகும். அதுவுள்ள வெப்பநிலையை விடக் குறைந்த வெப்ப நிலையென வொன்றில்லை. அவ்வெப்ப நிலையே முடிவான சூன்ய வெப்பநிலை. அது 'கடைவரை முற்றுச்சுன்னம், (ஆப்ஸலூட் ஜீரோ) எனப்படும். அவ்வெப்பநிலை, பனிக்கட்டியுருகும் வெப்பநிலையைவிட 273°C தாழ்ந்தது என அறியப்பட்டுள்ளது.

வெப்ப நிலை அதிகமாவதால் திரவமொன்றின் பருமன் அதிகமாகின்றது. நிறை அதிகமாவதில்லை. எனவே செறிவு (டென்ஸிடி) குறைகின்றது. சூடான திரவப்பகுதி மேல் வாட்டமாய்ச் செல்லுகின்றது. குளிர்ந்த திரவப்பகுதி கீழ்வாட்டமாய் வருகின்றது இம்முறையை யொட்டியே திரவமொன்றின் பகுதிகள் சூடாகின்றன. அவ்வாறு சூடு பரவுவதற்கு 'எக்கலிவர்ச்சி' (கன்வக்ஷன்) என்று பெயர். திரவங்கள் அதிகமாய் சூடேற்றப் பட்டபோது கொதித்து ஆவிகளாய் ஆகின்றன.

திரவம் 'கொதிக்கூர்மைச் சூட்டல் வெப்ப நிலையை' (பாயிலிங்கு பாயிண்ட்) என்ற வெப்ப நிலைவரை சூடாக்கப்பட்ட போதே கொதிக்கின்றது. ஆயினும், அதற்குக் குறைந்த வெப்பநிலையிலும் காற்றுத் திறப்பாயுள்ளபோது ஆவியாகின்றது. அது, 'தன்னிணக்கவியல் ஆவியாதல்' (ஸபாண்டேனியஸ் எவாபரேஷன்) எனப்படும். திரவம் ஆவியாவதற்கு 'பொதிந்துள்சூடு' வேண்டப்படும் எனக் கூறியுள்ளோம். அப்பொதிந்துள்சூடு, திரவத்தினின்றே எடுத்துக் கொள்ளப்படும். ஆதலின் 'தன்னிணக்க ஆவியாதலாகும் (ஸ்பாண்டேனியஸாய் எவாபரேட்டாய்க்கொண்டிருக்கும்) திரவம் வரவரக் குளிர்ந்து வரும். கொதித்தாவியாகும் திரவம் ஒன்று, தனக்குவேண்டிய பொதிந்துள் சூட்டை (லேடண்டு ஹீட்டை) சூட்டுத்தலவிளின்று பெறுகின்றதாதலின், அது குளிர்வதில்லை. தன்னிணக்கவியல் ஆவியாதல் (ஸ்பாண்டேனியஸ் எவாபரேஷன்) முறையையொட்டிய, மண்பானை நீர் குளிர்கின்றது. நமது உடலின் மேற்றோலின் வழியே வரும் வியர்வை ஆவியாதலை யொட்டி உடல் குளிர்கின்றது. சிலவகைப் பனி விளைவிகள் (ரெப்ரிஜிரேடர்கள்) அமைக்கப் படுகின்றன.

சில திரவங்கள் சூடேற்றப்பட்டபோது, ஆவியாகாது, சிதிலமாகின்றன. டீகம்போஸ் ஆகின்றன.)

வாயுக்களைக் கொண்ட வெப்பநிலையளவிகள், விஞ்ஞானச் சோதனைச் சாலைகளில் திருத்தமான

அளவைகள் செய்யப் பயன்படுகின்றன. சூடான காற்று செறிவு குறைந்து மேல் நோக்கிச்சென்று குளிர்ந்த காற்று கீழ் வருவதால் 'எக்கலிவிர்ச்சி ஓட்டக்கால்கள்' (கன்வக்ஷன் கர்ரண்டுகள்) பயத் தப்படுகின்றன. அம்முறையை யொட்டியே திரி விளக்குகளெரியக் காற்றோட்டம் ஏற்படுகின்றது ஓரறைக்குள் நல்ல காற்றுவரவும் கெட்டகாற்று வெளியேறவுமான 'நுழைவுய்த்தேகல் தாரைகள் (வெண்டிலேஷன் ஸிஸ்ட்டம்கள்) அமைக்கப் படுகின்றன. உலகில் காற்றடிக்கின்றது.

பொருள்களின் தன்மைகளை நமது மெய்ப் புலன்களின் வழியே யறியலாம். சூடு, குளிர், இன்னோரன்ன தன்மைகளையும் ஊறுணர்ச்சியால் அறியலாம். அவற்றை அளவிட்டறியும் விஞ்ஞா னக் கருவிகள் தக்கவாறமைக்கப்பட்ட உணர்க் கருவிகளே யெனலாம். எனவே விஞ்ஞான முறையை யொட்டி, நமது புலனறிவையும், செயல் திறனையும் விருத்தி செய்து கொண்டோமேயன்றி, புதுவகைப் புலன்களையும் புதுவகைச் செயலாற்றல் வன்மையையும் பெற்று விடவில்லை. தொழிற்கலை கள் எனப்படும் உறுப்புக்களைக்கொண்ட உடல் போன்ற சமுதாயமொன்றின் செம்மல் மூளையே விஞ்ஞானம் எனலாம்,

——(ㄇ)——

VIII

செவியும் ஒலியும்.

சொற்கள் என்ற ஓசைக் குறிப்புக்களைக் கேட்டு, அவற்றின் பொருளை அறிந்துகொள்ளும் உய்த்துணர்ந் திறன் மக்களுக்குண்டு. இசை எனப்படும் சுர, தாள, இராக பேதங்களைப் பொருத்த ஒலிக் குறிப்பியைபுத் தொடர்களைக் கேட்டு இன்பந்துய்க்கும் பண்பு மக்களுக்கே சிறப்பாயுள்ளது. கேள்வியறிவிற்கும் இசை நுகர்ச்சிக்கும் வாயிலான பொறி செவியேயாம். நமது வாழ்க்கையில், நாம் கேட்டுணரவேண்டிய விஷயங்கள் அநேகமுள்ளபடியால், காதின் வாயிலாய் மூளைக்கெட்டும் கேள்விச் செய்திகள் ஏற்கப்படவும், பதிப்பிக்கப் படவும் ஏற்பட்ட 'அரவவிய ல்வைப்பு' (ஆடிடரிஸெண்டர்) செம்மல் மூளையில் விசாலமாயுள்ளது.

காது இருவித உறுப்புக்கள் சேர்ந்தானதொன்று ஒன்று ஒலியுணர்வது; மற்றொன்று நமது நிலைப்பைச் சமச்சீராக்குவது (பாலன்ஸ் செய்வது). ஒலியுணர் உறுப்பு இருபகுதினைக் கொண்டது. ஒருபகுதிஒலியுயர்த்தி (ஆம்பனிபையர்); மற்றொன்று ஒலிச் சுரங்களைப் பகுத்துணரும் பகுதி. வெளியேயிருந்து வரும் ஒலியலைகள் புறக்காதால் குவிவாய் அடக்கப்பட்டு, காதுத்துவாரத்தின் வழியே புகுந்து, செவிப்பறையை (டிம்பானிக் மெம்ப்ரேனை) மோதுகின்றன. அரவச் சிற்றெலும்புகள் (ஆடிடரி ஆஸிகிள்கள்) என்ற மூன்று சிறுவெலும்புகளமைப்பின்

மைப்பின் வழியே, அலையதிகள், உட் செவியிலுள்ள சிறுபறைக்கு இசைக்கப்படுகின்றன. பெரும்பறையின் பரப்பு சிறுபறையின் பரப்பைவிடப் பன்மடங்கு அதிக மானதால், சிறுபறை அதிகமாய் இயங்கும். அரவச் சிற்றெலும்புகள் (ஆடிடரி ஆஸிகிள்கள்) காற்று நிரம்பியுள்ள அடைப்பிடத்தில் அமைந்துள்ளன. அவ்விடத்திலிருந்துதொண்டைக்கு ஒரு குழாய் செல்கின்றது. ஆதலின் அவ்விடமுள்ள காற்று வெளிக் காற்றின் அமுக்கத்துடன் உள்ளதாய் அமைகின்றது. திரவம் நிரம்பியுள்ள பெட்டியொன்றின் பக்கவடைப்புப் பகுதியானவாறு, சிறு பறை பொருந்தியுள்ளது. சிறுபறை அலையதிகள் படுவதால் துடிதுடிக்கும்போது அத்திரவமும் அதற்கேற்றவாறு கொந்தளிக்கும். அப்பெட்டியில் திரவம் நிரம்பிய பையொன்றுள்ளது ஒருவாட்டத்தில் நத்தையோட்டின் வடிவாய்ச் சுருண்டு வளைந்திருக்கும். அப்பை செவிப்புலனுக்கு இன்றியமையாத உறுப்பு. அதற்கு 'நந்துயேரலுருவி' [காக்ளியா] என்று பெயர், ஐயாயிரம் முதல் ஆறுயிரம் வரையான நரம்பு நார்கள் சுருள்வளைவான பத்திகளாய் காக்ளியாவில் அமைந்துள்ளன. அவை ஒவ்வொன்றும் ஒவ்வொரு துடிதுடிப்பெண்ணினதான ஒலியலையுடன் உணர்ப் பொருத்தமானது. [ஒரு ஸெகண்டில் ஏற்படும் துடிதுடிப்புகளின் எண்ணிக்கையே துடி துடிப் பெண்]. ஒலியலைகள் சிறுபறையில் மோதி, திரவம் கொந்தளிக்கும்போது, நரம்பு நார்கள், முறையே தத்தமக்கான சுரங்களை உணர்கின்றன.

காது, சுரங்களை நுட்பமானவாறு பகுத்துணர வல்ல சிறந்த விஞ்ஞானக்கருவி, எனலாம்.

உட்செவி, 'சிக்குவக்கிரக்குகரம்' [லாபரிந்து] என்ற அமைப்பைக் கொண்டது. தலைவைப்பு நிலைமையையும், ஆட்டநிலைமையையும் மூளைக்கறிவிக்கும் உறுப்பு அதுவே. நம்மையறியாது நிமிர் நிலைப் பிறழ்ந்து சாய்வு ஏற்படும்போது, அதை அவ்வுறுப்பு மூளைக்குத் தெரிவிக்கும். மூளை, தக்க தசைகளை ஏவி, பிறழ்வு திருந்துமாறு செய்யும். சிக்குவக்கிரக்குகரம் (லாபரிந்து) மூன்று அரை வட்டக்குழாய்களைக் கொண்டது. அவை ஒன்றி னொன்றுன்று சரிநேர்க்கோணமான (ரைட் ஆங்கிளான) மூன்று பிளேன்களிலுள்ளவை. அவை எல்லாம் திரவம் நிரம்பியவை. நிமிர்நிலைப் பிறழ்வுக்குத்தக்கவாறு திரவம் அசைவதையொட்டி, பிறழ்வினளவும் வாட்டமும் மூளைக்கு அறிவிக்கப்படும்.

ஒலியலைகளை இனிக் கவனிப்போம். அவை காற்றில் ஏற்படும் முன்பின் இயக்கத்தையொட்டி பயத்தப்படுபவை. காற்றுப் பகுதியொன்று அமுக்கப்பட்டால், அடுத்த பகுதியை அமுக்கிவிட்டு தன் முன்னைய நிலைமைக்கு மீளும். அப்பகுதி அதற்கடுத்ததை அமுக்கிவிட்டுமீளும். அவ்வாறே அமுக்கயதி (கம்ப்ரஷன் பல்ஸ) ஒன்று காற்றின் வழியே செல்கின்றது. காற்றின் பகுதிகள் முன்னேறவில்லை. 'யதி' (பல்ஸ்) மட்டுமே இசைக்கப்படும். காற்றின்

முதற்பகுதி விரிவானால், அதற்கடுத்த பகுதிவிரிந்து முதற்பகுதி முன்னிலையானதாகும். காற்றின் வழியே 'விரிதல்யுதி' (ரேரி பக்ஷன் பல்ஸ்) இசைக்கப்படும். ஒரு பொருள் முன்னேறுது அதன் 'அசைவு' முன்னேறும் முறைக்கு. அலையிசைப்பு முறை, (வேப்ராபகேஷன்) என்று பெயர். முதல் அசைவுக் காரணமானது துடிதுடித்துக்கொண்டுள்ள (வைப்ரேட் செய்து கொண்டுள்ள) வஸ்துவொன்றே. அதையொட்டி அதைச் சூழ்ந்துள்ள காற்றின் வழியே அலைகள் இசைக்கப்படுகின்றன (ப்ராபகேட் செய்யப்படுகின்றன). ஒருசெகண்டில் ஏற்படும் துடிதுடிப்புகளின் எண்ணிக்கை. அதன் துலித நிரல் மானம் (ப்ரீகவன்ஸி) எனப்படும். இருபதுக்கும் இருபதினாயிரத்திற்கும் இடைப்பட்ட துலித நிரல் மானத்தை (பிரீக்வன்ஸியை)க் கொண்ட அலைகள் காதில் விழுந்தால் ஒலியுணர்ச்சி யேற்படுகின்றது. அவை 'ஒலியலைகள்' எனப்படுகின்றன.

துடிதுடிக்கும் வஸ்துவின், துலித நிரல்மானத்தை. (பிரீக்வன்ஸியை) யொட்டி காதில், கேட்கப்படும் ஒலிச்சுரம் இருக்கும். துலித நிரல்மானம் அதிகமாயிருந்தால் 'எச்குசுரம்' (ஹைபிட்சு) கேட்கும்; துலித நிரல்மானம் குறைவாயிருந்தால் 'தக்கு சுரம் (லோபிட்சு) கேட்கும். துடிதுடிக்கும் வஸ்து நிலைப்பிடத்தினின்று துடித்துச் செல்லும் தூரம் 'வரைவு வீச்சு' (ஆம்ப்ளிட்யூட்) எனப்படும். வரைவு வீச்சை (ஆம்ப்ளிட்யூடை) யொட்டி, ஒலியின் அடல். தாறு (இண்டன்ஸிடி) இருக்கும். 'அடல் தாறு'

அதிகமாக, ஆக, ஒலியும் உரத்துக் கேட்கும். துடிதுடிக்கும் வஸ்துவின் ஆட்டமுறையை அனுசரித்தவாறு, ஒலியின் நாதத்தகவு (குவாலிடி) அமையும். பலவாருன ஒலியலைகள் காதில் விழுந்தால் வெறும் 'ஓசையே' கேட்கும். சுரக்கோவையான ஒலியலைகளால் இசையுணர்ச்சி உண்டாகும்.

ஒலியலைகள் தனித்தனியே காற்றில் செல்லல் அரிது. பல அலைகள் சேனுடங்குபாடான (ஸூபர் போஸான) தொகுப்பு அலைகளாகவே அவை செல்கின்றன. அவற்றின் துவித நிரல் மானங்கள் ஒரொழுங்கையொட்டியிருந்தால், இசையியலான ஒலிகேட்கப்படும். தொன்று தொட்டே மக்கள் சுரபேதங்களை அறிந்து வந்துள்ளனர். சங்கீதம் தோன்றியகாலம் எதுவென்று நாம் அறியோம். பல்லாயிரமாண்டுகளாய் சுரக்கிரமமான ஸ்தாயி வரிசைகள் (மியூஸிகல்ஸ்கேல்கள்) மக்களிடை வழங்கி வந்துள்ளன என சரித்திரவாயிலாய் அறிகின்ருேம் தக்கவாறு சுரங்கள் சேர்ந்தொலிக்கப்பட்டால் காதுக்கு இன்பமாகவுள்ளனவென நீண்டகாலந்தொட்டே மக்கள் உணர்ந்து வந்துள்ளனர். ஆயினும், பலநாட்டு சங்கித முறைகளும் ஒரே ரீதியானவை அல்ல.

இசைக் கருவியொன்று ஒலிக்கப்படும்போது, அதன் பகுதிகள் சில தக்கவாறு துடிதுடிப்பதினுலேயே (வைப்ரேட் செய்வதினுலேயே) சுரங்கள் எழுப்பப்படுகின்றன. ஒரு சுரத்தையொட்டிய

துடிதுடிப்புக்கள். பலவாறான கம்பிதங்களின் இசைப்பினாலானவை. அக்கம்பிதங்களின் துலிதநிரல் மானங்கள் (ப்ரீக்வன்ஸிகள்) வெவ்வேறளவினவை. முக்கியகம்பிதத்தின் துலிதநிரல்மானம் (ப்ரீக்வன்ஸி) சுரத்தின் துலித நிரல்மானம் (ப்ரீக்வன்ஸி) எனக் கொள்ளப்படுகின்றது. அச்சுரத்தை யொட்டிய அலை தொகுப்பு அலையாயிருக்கும். சுரத்தின் நாதத்தகவு (குவாலிடி) அவ்வலையின் பான்மையைப் பொருத்திருக்கும். இசைக்கருவிகள் பலவகையான வை. எனவே, ஓரேசுரத்திற்கான முக்கிய கம்பிதங் கள் வெவ்வேறு வகைகளாய் உள்ளன. சில்லரைக் கம்பிதங்களும் வெவ்வேறு வகையினவாயும் அள வினவாயும் எண்ணினவாயும் உள்ளன. முக்கிய கம்பிதத்தை யொட்டி எழும் தொனி, சுரத்தின் 'அடிப்படை வகுணி' (பண்டமெண்டல்) எனப் படும். சில்லரைக்கம்பிதங்களையொட்டி பயத்தப் படும் தொனிகள் 'எழுமை வகுணிகள்' (ஓவர்டோன் கள்) எனப்படும். அவை அடிப்படையானதுடன் (பண்டமெண்டலுடன்) இசைப்பானவையாய், (ஹார்மானிக்காய்) இருப்பின், 'இசை எழுமை, வகுணிகள்' (ஹார்மானிக் ஓவர்டோன்கள்) எனப் படும். எழுமை வகுணிகளுக்கான வரைவு வீச்சுக்கள் பல அளவினவை. வரைவுவீச்சுக்கள் அதிகவள வான எழுமை வகுணிகள் உரத்துக் கேட்கின்றவை. உரத்துக் கேட்கும் எழுமை வகுணிகளின் இயல்பை முக்கியமாய் பொருத்தாவாறே 'நாதத்தகவு' (குவா லிடி) இருக்கும். இசையின் இனிமைக்கு முக்கிய

காரணமானவை, சுரங்களின் நாதத்தகவுகள். (குவாலிட்டிகள்). சிலவகை வாத்தியங்கள் வாசிக்கப் படும்போது எழுகின்ற சுரங்களில் அடிப்படை வகுணிகளைவிட (பண்டமெண்டல்களைவிட) பல எழுமை வகுணிகளே (ஓவர்டோன்களே) பிரதானமானவை. குழலின் இமிழோசையும், வீணையின் நாதப்பண்பும், குரலின் இன்னிசையும், அவற்றிலின்று எடுப்பாகும் எழுமை வகுணிகளையும், அவ்வகுணிகளின் இயைபையும் யொட்டியானவை.

காற்றில் ஒலியலைகள் இகைக்கப்படும் (ப்ராபகேட் செய்யப்படும்) வேகத்தைக் கணக்கிடலாம். அவ்வேகம் காற்றின் செறிவையும் அழுக்கத்தையும் பொருத்துள்ளது என விதிமுறையை யொட்டி அறியப்பட்டுள்ளது. 0°C வெப்ப நிலையில், காற்றில் ஒலியலைகள் செல்லும் வேகம், 1087 அடி, எனக் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. சோதனை செய்ததாலும், அவ்வேகம் அவ்வளவினதே என அறியப்பட்டது. வெப்பநிலை அதிகமானால் வேகமும் அதிகமாகும். காற்றிலுள்ள நீராவியனளவு அதிகமாவதாலும், வேகம் அதிகமாகும்.

திடப்பொருள்களின் வழியேயும், திரவங்களின் வழியேயும் ஒலியலைகள் இகைக்கப்படலாம் (ப்ராபகேட் ஆகலாம்). அவற்றின் செறிவையும் மீன்விறலளவையும் (எலாஸ்டிஸிடியையும்) பொருத்தவாறு, அவற்றின் வழியே அலைகள் இகைக்கப்படும் வேகங்கள் இருக்கும்.

ஒலியலைகள் ஒரு தடுப்பின் மீது பட்டு பிரதி பலிக்கப்படுவதால் எதிரொலி கேட்கப்படுகின்றது. தடுப்பையடுத்துள்ள காற்றுப் படலத்திலுள்ள மூலத்துகள்கள் நெருக்கப்படுகின்றன. அவற்றால் தடுப்பை அமுக்க இயலாது. எனவே, அவை அவற்றின் பின்புறமுள்ள காற்றுப் படலத்தை அமுக்குகின்றன. அமுக்கயதி (கம்ப்ரஷன் பல்ஸ்) மீள்கின்றது. எதிரொலி கேட்கப்படுகின்றது. எதிரொலியைக் கொண்டு கடலின் ஆழத்தை அளவிடும்முறை ஏற்பட்டுள்ளது. அம்முறையை யொட்டி, நீர்மட்டத்திற்குச் சற்றுக் கீழே ஒலி கிளப்பும் சாதனமொன்றும், நீரில் மூழ்கியவாறு அமைக்கப்பட்ட டெலிபோன் சாதனமொன்றும் வைக்கப்படுகின்றன. ஒலி கிளப்பப்படும் நேரமும், டெலிபோனில் எதிரொலி கேட்கப்படும் நேரமும் காணப்படும். இடை நேரத்தில் ஒலி கடலின் கீழ்மட்டம் வரை சென்று திரும்பியுள்ளது ஒலியலைகள் நீரினூடே செல்லும் வேகம் அறியப் பட்டுள்ளதால், கடலின் கீழ்மட்டத்து ஆழம் எவ் வளவு எனக் கணக்கிடலாம்.

துடிதுடிப்பி (வைப்ரேடர்) ஒன்றின் இயக்கத் தால் ஒலியலைகள் பயத்தப்படுகின்றன என நாமறி வோம். அவ்வாறான துடிதுடிப்பிகள் (வைப்ரேட ர்கள்) நமது தொண்டையில் உள்ளன. அவை, குரல்வளையில் (லாரிங்க்ஸில்) உள்ளன. மூச்சுக் குழாயின் (ட்ராகியாவின்) மேற்பகுதி ஒருவாறு மாற்றப்பட்ட அமைப்பு 'லாரிங்ஸ்'. அதிலுள்ள

துடி துடிப்புக்கருவி, நான்கு குருத்தெலும்புகள் (கார்டிலேஜ்கள்) பொருந்தலால் ஆனது. அவை ஒன்றின்மீதொன்று நழுவியவாறு அசையக்கூடியவை. அவ்வசைவு பல தசைகள் தக்கவாறு சுருங்குவதால் ஏற்படும். அப்பொருந்தலைத் தொடுத்தவாறு, மீள்விறலான (எலாஸ்டிக்கான) நார்க்கற்றைகள் இரண்டு உள்ளன. அவை கோழையேடாலான (ம்யூகஸ் மெம்ப்ரேனினாலான) பலமடிப்புக்களிடை அமுந்தியுள்ளவை. அக்கற்றைகள் 'குரல் நாண்கள்' (வோகல் கார்டுகள்) எனப்படுகின்றன. அவை நன்கு நீட்சியான போது, அவற்றின் விளிம்புகள் நெருங்கிவரும். விளிம்புகளிடையுள்ள சந்துமெல்லிதாயிருக்கும். பேசும் போதும், பாடும்போதும், மூச்சுக்காற்று அச்சந்தின் வழியே செல்லும். பேசாமலும் பாடாமலும் அமைதியாய் மூச்சுவிட்டுக் கொண்டுள்ளபோது குரல் நாண்கள் தளர்ந்துள்ளன. சந்து நன்கு திறப்பானவாறு இருக்கும் பேசவோ பாடவோ விரும்பும்போது குரல் நாண்கள் நெருங்கி வருமாறு தக்க தசைகளால் இழுக்கப்படுகின்றன. நுரையீரலினின்று வெளிப்படும் காற்று குரல் நாண்களை துடிதுடிக்கச் செய்கின்றது. துடிதுடிப்புகளை யொட்டி, காற்று, குப் குப் என்று தக்கவாறு விட்டு விட்டு வெளிப்படும். அவ்வதிகளை யொட்டிய ஒலி அலைகள் இசைக்கப்படும். குரல் நாண்கள் இழுபடுவலிமை (டென்ஷன்) வேறுபடுவதையொட்டி, சுரவேறுபாடுகள் பயத்தப்படுகின்றன. குரல் நாண்கள் தடிப்பாக்கப்படலாம்;

மெல்லிதாக்கப்படலாம்; நெருங்கி வரலாம்; எட்டப் போகலாம். எனவே துடிதுடிப்புக்களின் வரைவு வீச்சும் (ஆம்ப்ளிட்யூடும்) துலிதநிரல் மானமும் (ப்ரீக்வன்ஸியும்) இயக்கரீதியும் (மோட்ஆப்வைப் ரேஷனும்) பலவாறு வேறுபடுத்தலாம்; பலவகை யான எழுமை வகுணிகள் (ஓவர்டோன்கள்)பயத்தப் படலாம். நல்ல அழுத்தமான சாரீரத்தில், பதினாறு எழுமை வகுணிகள் (ஓவர்டோன்கள்) உள்ளன. லாரிங்கிஸில் ஏற்பட்ட ஒலி அலைகள் வாயின் வழியே வெளிச்செல்லவேண்டும். வாயும் அதைச் சார்ந்த குழியிடங்களும் தத்தமியல்பான துலிதநிரல் மானங்களுடன் (ப்ரீக்வன்ஸிகளுடன்) முறையே அமைந்தவை. ஓரிடத்தின் பருமனையும் திறப்பின் வடிவையும் பொருத்தவாறு அதற்கு இயல்பான துலிதநிரல்மானம் (ப்ரீக்வன்ஸி) என்றதை அது கொண்டுள்ளது. அத்துலிதநிரல் மானத்து ஒலி யலைகள் அவ்விடத்தில் விழுந்தால், அதிலுள்ள காற்று அதிக வரைவுவீச்சுடன் (ஆம்ப்ளிட்யூடுடன்) துடி துடிக்கும். ஒலி பொம்மென உரத்துக்கேட்கும். அவ்விளைவு 'இணங்கோசை' (ரெஸோனன்ஸ்) எனப்படும். இயல்புத்துலிதநிரல் மானத்தைத் தவிர்த்த வேறு துலிதநில் மானத்து ஒலியலைகள் விழுந்தாலும் அக்காற்று துடிதுடிக்கும். ஆயினும் வரைவுவீச்சு (ஆம்ப்ளிட்யூட்) குறைவாயிருக்கும். ஒலி அதிகமாய்க் கேட்காது. வாய்க் குழிகளின் பருமன்கள் எப்பொழுதும் ஒரேயளவாய் இருப்பவை அல்ல. நாக்கைத் தக்கவாறு அசைத்து பருமன்களை

தக்கவாறு வேற்றுமையாக்கலாம். உதடுகளைத் தக்கவாறு பொருத்தி திறப்பின் வடிவத்தை மாற்றி, வாய்க்குழியிடத்தின் இயல்பான துவித ஸ்ரல் மானத்தை வேறுபடுத்திக்கொள்ளலாம். அவ்வாறெல்லாம் செய்து குரலின் நாதத்தகவை (குவாலிடியை) வேண்டும் விதமாய் வேறுபடுத்திக் கொள்ளலாம். ஒலியலைகளின் நாதத்தகவு (குவாலிடி) பலவாறு வேறுபடுத்தப்பட்டதாலான ஒலிக் குறியீடுகளை அமைத்துக்கொண்டு, நாம் பேசுகிறோம்; பாடுகிறோம். உச்சரிக்கப்படும் சொற்களில் உயிரெழுத்து ஒலிகளும் மெய்யெழுத்து ஒலிகளும் உள்ளன. உயிரெழுத்து ஒலிகள் மெய்யெழுத்து ஒலிகளின் துவக்கத்திலும் முடிவிலும் உள்ளவை. மெய்யெழுத்துக்கள் நீட்டப்பட்டவாறு உச்சரிக்கப்படுபவை அல்ல; உயிரெழுத்துக்கள் நீட்டி உச்சரிக்கப்படுபவை. இராகமிழுக்கும்போது உயிரெழுத்தின் ஒலியேயுள்ளது. உயிரெழுத்துக்கள் சுரங்களைப்போன்றவை. மெய்யெழுத்துக்கள் வெறும் சத்தங்களே. குசுகுசுவெனப் பேசும்போது குரல் நாண்கள் துடிதுடிப்பதில்லை. உதடுகளையும் நாக்கையும்கொண்டு ஈன அலைகள் பயத்தப்படுகின்றன.

கிராமபோனின் முக்கிய பகுதி அதன் ஒலிப் மேழை (ஸவுண்டு பாக்ஸ்). அதில்வைக்கப்படும் ஊசியின் ஒரு நுனி இசைத்தட்டிலுள்ள கீற்றுகளுக்குத் தக்கவாறு துடிதுடிக்கின்றது. மேல் நுனி, செம்பு கோல் முறையையொட்டி பன்மடங்கு அதிக வீச்சு வரைவுடன் (ஆம்ப்ளிட்யூடுடன்) துடிதுடிக்கின்றது.

மேல் நுனியுடன் தொடர்பான மைக்கா தட்டு வொன்றும் அவ்வாறே துடிதுடிக்கின்றது. கிராம போனுக்கு உள்ளேயே வெளியேயோ உள்ள ஹாரனுல், பன்முறை பிரதிபலிக்கப்பட்டு, மைக்கா தட்டு துடிதுடிப்பையொட்டிய ஒலிபெருக்கப்படு கின்றது. இசைத் தட்டின் கீற்றுகள், பாட் டொலியையொட்டிய குறியீடுகள். எனவே கிராம போன் பாடுகின்றது.

கால அளவைகள் செய்யப்படுவதற்கான கெடி காரங்கள், துடிதுடிப்பு (வைப்ரேஷன்) முறையை யொட்டி அமைக்கப்படுகின்றவை. சுவரில் மாட்டும் கெடிகாரங்களில் 'ஊசலாடி' (பெண்டுலம்) ஒன்றின் துடி-துடிப்பையொட்டி கால அளவைகள் செய்யப் படுகின்றன. கைக்கெடிகாரங்கள் 'மயிரிழை வில்' (ஹேர் ஸ்பிரிங்கு) என்றதின் துடிதுடிப்பையொட்டி அமைக்கப்படுகின்றன.

ஒலியைப்பற்றி அறியப்படாத விஷயங்கள் பல வுள்ளன. அவற்றைக் கண்டுபிடிக்கப் பலவாருன ஆராய்ச்சிகள் செய்யப்பட்டு வருகின்றன.

IX

கண்ணும் ஒளியும்

நமது அறிவுக்கு முக்கியமான பொறி, கண். காணுறுப்பு 'விழி' எனப்படும். அதுவும் அதன் உடந்தையான தசைகளும் இரத்தப் புரைகளும் நரம்புகளும் டிஷ்யூக்களும் இமைகளும் கண்ணீர்க் கருவிகளும், கண் குழியில் பொருந்தியுள்ளன. மேலிமை, கீழிமை என்ற தோல் மடிப்புகள் இரண்டால் கண் விழி காக்கப்படும். இமைகளின் உட்புறத்தில் ஒருவகைக்கோழையேடு (மியூகஸ்மெம் பிரேன்) படர்ந்திருக்கும். மேலிமை இறங்குவதினுல் கண் மூடப்படும்; அது ஏறுவதால் கண் திறக்கப் படும். தக்கவாறு தசைகள் சுருங்குவதையொட்டி, அது இறங்கவும் ஏறவும் கூடும். விழியை ஆட்ட, ஆறு தசைகள் உள்ளன. ஒன்று, விழியின் முன் புறத்தை மேலே நோக்கச்செய்வது; இரண்டாவது கீழே பார்க்கச்செய்வது; மூன்றுவது விழியை முன் புறமாய் பிதுங்கச் செய்வது; நான்காவது விழியை உள்வாங்கச் செய்வது; மற்ற இரண்டும் சரிவுத் தசைகள்; கடைக்கண் பார்வையைப் பயக்குபவை. கண் குழியின்மேல் கண்ணீர்க்கிரந்தி (லாக்ரிமல் கிளாண்டு) உள்ளது. அதிலிருந்து ஒருவகை உப்பு நீர் சிறு குழாய்கள் வழியே விழியின் முன்புறத் திற்குப்பாயும். விழியின் முன்புறத்தை சுத்தமாயும் ஈரப்பதனுயும் ஆக்கும். 'கண் சிமிட்டல்' என்ற பிரதிபலிப்புச் செயலால் (ரிப்ளக்ஸ் ஆக்ஷனுல்)

விழியின் முன்புறம் துடைக்கப்படுகின்றது. கண்ணிமைகளின் அசைவால் அந்நீர் விழியின் முன்புறம் நன்குபரவி, இமைகள் உள்வாட்டமாய்ச்சேர்ந்துள்ள இடத்திற்குச் செல்லும். செல்லும்போது விழியின் மீது பட்டுள்ள சிறு தூசிகள் முதலானவற்றையும் அடித்துச் செல்லும். கண்ணீர் 'லாக்ரிமஸ் ஸாக்' என்ற பையினுள் இறங்குகின்றது. அங்கிருந்து மூக்குக் குழாய்க்குள் பாய்ந்துவிடும். சாதாரணமாய் மூக்குக் குழாய்க்குள் பாசனமாவதை விட அதிகமாய்க் கண்ணீர் ஏற்பட்டால், அது இமைகளுக்கும் விழிகளுக்கும் இடையில் தங்கிவிடும். பிறகு, கண்ணினின்று கண்ணீர் வடியும். கண்ணீர் கிருமியழிக்குமியலானது. (பாக்டீரிஸைடலானது). கொழுப்பு டிஷ்யூக்கள் திண்டுபோல் அமைந்து விழியைக் காத்துத் தாங்குகின்றன.

விழியைக் கவனிக்கலாம். அதன் வெளியுறை உருண்டை வடிவமானது. முன்புறம் சற்று வளைந்து பிதுங்கியுள்ள பகுதியுள்ளது. அது 'கோவுகிருரி' (கார்னியா) எனப்படும். விழியுறை மூன்று படலங்களாலானது. வெளிப்படலம் 'வெண் விழி' (ஸ்கலரோடிக்கு) எனப்படும். அதன் முன்புறத்தில் கண்ணுடி ஜன்னலொன்றைப்போல கார்னியா அமைந்துள்ளது. ஸ்கலரோடிக்குக்குள், அதனுடன் படிந்தவாறு 'கோயேர்புரி' (கோரியாயிட்டு) என்ற படலம் உள்ளது. அது, பல இரத்தப்புரைகளையும், வண்ணச்சச்சை (பிக்மண்டு) ஸெல்களையும் கொண்டது. வண்ணச்சச்சை ஸெல்கள் இருண்ட பின்

விடத்தோற்றந் தருபவை. கோரியாயிடின் முன் புறவளைப்பகுதி 'தாரைச்சாயையேடு' (ஐரிஸ்) என்ற வளைய வடிவமான பகுதியாய் அமைகின்றது. கண்ணின் 'கருமணி' அதுவே. கண்ணின் நிறம் ஐரிஸின்தையொட்டியிருக்கும். தக்க தசைகளின் இயக்கத்தால் ஐரிஸ் வளையத்தின் நடுவிடம் ஊசி முனையளவு சிறிதாகலாம். அம்மன்காசுவவ்வளவு பெரிதாகலாம். வளையத்திறப்பு 'கண்பாப்பா' (புயூபில்) எனப்படும். கண்ணில் விழும் ஒளி பிரகாசமாயிருந்தால் புயூபில் சிறிதாகும்: ஒளி மங்கிஞல் அது பெரிதாகும். கிட்டத்துள்ளவற்றைக் காணும்போதும், தூங்கும்போதும் புயூபில் சிறிதாயிருக்கும். தூரத்திலுள்ளவற்றைக் காணும் போதும் உணர்ச்சி மேலிட்டாலும் புயூபில் பெரிதாகும். கோரியாயிட் படலத்தினுள் 'நாட்ட ஏடகம்' (ரெடீனு) என்ற படலம் உள்ளது. அது ஒளியுணர்தன்மையான ஏடு (மெம்ப்ரேன்). அதைப் பற்றி மேலும் பிறகு கூறுவோம். முன்புறம் சற்று வளைந்தவாறுள்ள கார்னியாவால் ஒளிக்கதிர்கள் சிறிதுவரை கூம்படைவாக்கப்படுகின்றன (கன்வர்ஜ் செய்யப்படுகின்றன). படிகவாணவில்லை (கிரிஸ்டலின்லென்ஸ்) என்ற அமைப்பால் அக்கதிர்கள் இன்னும் அதிகமாய் 'கூம்படைவாக்கப்படுகின்றன (கன்வர்ஜ்செய்யப்படுகின்றன). அவ்வில்லை(லென்ஸ்) ஊடுகாணியலான (ட்ரான்ஸ்பேரண்டான) பொருளொன்றுல் ஆனது. வில்லைப்பொருள் மீள்விறலியலானது (எலாஸ்டிக்கானது). தெளிந்த கெட்டிப்பாகுவியலானது. (கிளியர் ஜெல்லியியலானது).

அவ்வில்லை (லென்ஸ்) 'இரட்டைக்கூம்படைவு' (டபிள் கான்வெக்ஸ்) வகையினது. அது, கார்னியாவுக்கும் ஐரிஸுக்கும் பின்புறமாய் அமைந்துள்ளது. தக்க தசைகளின் இயக்கத்தால், அவ்வில்லையின் (லென்ஸின்) மைய உப்பலினளவு வேறுபடுத்தப்படலாம். அதனால், வில்லையின் (லென்ஸின்) கூம்படைவுத்திறனின் (கனவர்ஜிங்கு பவரின்) அளவு வேறுபடுத்தப்படலாம். ஒரு வஸ்துவினின்று வரும் ஒளிக்கதிர்கள் அவ்வில்லையில் (லென்ஸில்) விழுந்தால், அவை கூம்படைவாகி (கன்வர்ஜாகி) ஓரிடத்தில் ஒன்று சேர்கின்றன. ஆங்கு, அவ்வஸ்துவின் பிம்பம் (இமேஜ்) ஏற்படும். வில்லையின் (லென்ஸின்) கூம்படைவுத்திறன் (கன்வர்ஜிங் பவர்) வேறுபடுவதை யொட்டி, பலவளவான தூரங்களிலுள்ள வஸ்துக்களின் பிம்பங்களும், முறையே, ஒரேயிடத்தில் விழுமாறு, செய்யப்படலாம். கார்னியாவுக்கும் வில்லைக்கும் (லென்ஸுக்கும்) இடையிலுள்ள இடம் தெளிந்த திரவமொன்றால் நிரம்பியுள்ளது. வில்லைக்கும் (லென்ஸுக்கும்) நாட்ட ஏடகத்திற்கும் (ரெடீனாவுக்கும்) இடையில், ஊடுகாணியலான (ட்ரான்ஸ்பேரண்டான) நொங்கியல் பொருள் நிரம்பியுள்ளது.

நாட்ட ஏடகம் (ரெடீனா) ஒளியேற்புக்கான முக்கிய பகுதி. அதன்மீதே வெளி வஸ்துக்களின் பிம்பம் விழுகின்றது அது மிக மெல்லிய படலம்; ஊடுகாணியலானது (ட்ரான்ஸ்பேரண்டானது). அது கோரியாயிட் படலத்தின் உட்புறம் முழுதும்

படர்ந்துள்ளது. நாட்ட ஏடக (ரெடீனு) ப்படலம் முழுவதிலும் ஒளியுணர் நரம்புநார் முடிவுகள் அடர்த்தியாய்ப் பொருந்தியுள்ளன. நாட்ட ஏடகப் படலம் ஊடுகாணியலானது (ட்ரேன்ஸ்பேரண்டானது). அதன் பின்புறப் பரப்பே ஒளியுணர்த் தன்மையானது. நாட்ட எடக (ரெடீனு) ப்படலம் ஒரே தடிப்பளவானதன்று. புயூபிலுக்குநேர் எதிராயுள்ள, பகுதியே மிக மெல்லிது. அப்பகுதியினூடே செல்லும் ஒளிக்கதிர்கள் மற்ற பகுதிகளினூடே செல்பவற்றை விட குறையளவு தூரமே படலத்தின் வழியே செல்கின்றன. எனவே அப்பகுதியில் விழும் பிம்பம் மிகத் தெளிவாயிருக்கும். அப்பகுதி 'தெளித்திருத்தப் பார்வை வைப்பு' எனப்படும். நாம் பாாக்கும் வஸ்துக்களின் பிம்பம் அவ்வைப்பில் விழுமாறு நமது கண்ணைத் திருப்பித் திருப்பி அமைத்துக்கொள்கிறோம். அவ்வைப்பு 'மஞ்சள் புள்ளி' எனப்படும். மஞ்சள் புள்ளியிலிருந்து $\frac{1}{18}$ அங்குல தூரத்தில், கண்ணிலிருந்து மூளைக்குச் செல்லும் அம்பக நரம்பு (ஆப்டிக் நர்வ்) நாட்ட ஏடகத்துடன் (ரெடீனுவுடன்) சேர்கின்றது. அது சேரும் இடத்தில் நாட்ட ஏடக (ரெடீனு) அமைபொருள் இல்லை. நரம்புப்பகுதியே யுள்ளது. அது யதியை இகைக்கக்கூடுமேயன்றி, ஒளியை உணர இயலாது. ஆதலின் நரம்பு சேரும் பகுதி ஒளியுணர்ச்சி யற்றது. அவ்வைப்பு 'குருட்டுப் புள்ளி' எனப்படும். ஆங்கு வெளி வஸ்துவின் பிம்பம் விழுந்தால், அவ்வஸ்துவுள்ளதே கட்புலனாகாது.

அம்பக நரம்பு (ஆப்டிக் நர்வ்) நாட்ட ஏடகத்தில் (ரெடீனுவில்) சேரும் இடத்திலிருந்து மெல்லிய நரம்பு நார்கள் நாட்ட ஏடகத்தின் (ரெடீனுவின்) பல வாட்டங்களிலும் செல்கின்றன. அந்நார்களின் முடிவுகளில் நரம்பு ஸெல்கள் அமைந்திருப்பவை. அவை, பல படலங்களில் தொடுக்கப்பட்டவாறு பொருந்துகின்றன. ஒளியுளவறியும் அந்த ஸெல்கள் இருவகையினவை. ஒருவகை சிறு குச்சிகள் (ராட்டுகள்) வடிவினவை. மற்றொருவகை கூம்பிகள் (கோன்கள்) வடிவினவை. குச்சிகள் (ராட்கள்) ஒளியடல்தாறு (இண்டன்ஸிடி) நுட்பம் உணரும் தன்மையானவை. கூம்பிகள் (கோன்கள்) நிறபேதமறியும் தன்மையானவை. இரவிலும் மங்கல் ஒளியான வேளைகளிலும், கூம்பிகள் (கோன்கள்) வேலை செய்யும் திறனற்றவை. ஒளி மங்கிய பிம்பமுள்ளதை குச்சிகள் (ராட்டுகள்) உணரவல்லவை. மஞ்சள் புள்ளியில் கூம்பிகள் (கோன்கள்) மட்டுமே உள்ளன. ஆதலின் ஒளி மங்கலானபோது, பிம்பம் தெளிவாய்த் தெரியாது. நிறபேதங்களும் புலனுகா. எல்லா வஸ்துக்களும் நிழற்சாயலாகவே தென்படுகின்றன. குச்சிகளின் (ராட்களின்) உணர்யதிகளும், கூம்பிகளின் (கோன்களின்) உணர்யதிகளும் அம்பக நரம்புக்கு (ஆப்டிக்நர்வுக்கு) இகைக்கப்படுகின்றன. நாட்ட ஏடகத்திலிருந்து (ரெடீனுவிலிருந்து) புறப்படும் அம்பக நரம்பு (ஆப்டிக் நர்வ்), தலையின் பின்வாட்டத்துள்ள செம்மல் மூளைப் பகுதியில் (ஸெரிப்ரத்தில்) வந்து சேர்கின்றது. ஆங்கு அந்நரம்பின்

பிரிகள் விரிந்து அவற்றின் சிறப்புக்கான வகையில் பின்னிக்கொண்டு இருந்துகின்றன. அந்த நரம்பு. நார்கள் விரிந்து பொருந்தும் இடம் விசாலமானது. செம்மல் மூளையிலுள்ள பார்வைத்தல வைப்பு (ஸைட் ஏரியா) வியனுனது. அவ்வியன் பரப்பில், நாட்ட ஏடகத்திலிருந்து (ரெடீனுவிலிருந்து) வரும் உணர்யதிகள் பொறிக்கப்பட்டு 'காணல்' எனும் புலனுணர்ச்சி விளைகின்றது. அப்பொறிப்புக்கள் பதிக்கப்படுவதால் நாட்டப்படுவது, நினைவு.

கண்கள் இரண்டாயிருத்தல் அழகுக்காகமட்டு மன்று. காரியத்திற்காகவுந்தான். நாம் ஒரு வஸ் துவைப் பார்க்கும்போது, நமது இரு கண்களிலுள்ள நாட்ட ஏடகங்களிலும் (ரெடீனுக்களிலும்) அவ் வஸ்துவின் பிம்பங்கள், முறையே, விழுகின்றன. அப்பிம்பங்கள் ஒன்றிலிருந்தொன்று சற்று வேறு பட்டவாறிருப்பன. அவ்வேறுபாட்டைக்கொண்டு, அவ்வஸ்து எவ்வளவு தூரத்திலுள்ளது என்பதை யும், அதன் திடப்பான்மையுளதையும் (ஸோலிடிடி யையும்) மதிப்பிட இயல்கின்றது, இரு கண் பார் வையை யொட்டியே ஊசியில் நூல் கோத்தல் முதலான நுட்ப வேலைகளைச் செய்தல் சாத்திய மாகின்றது.

நாட்ட ஏடகத்தின் (ரெடீனுவின்) மீது ஏற் படும் பிம்பங்கள், முறையே, அவை விழுந்தபின், அரைக்கால் ஸெகண்டு நேரம் ஆங்கே மறைவுறு திருக்கின்றன. கார்த்திகை தீப்பொரிப்பு சொக்கப் பானை சுழற்றப்படும்போது நாம் காணும் செந்தீ

வளையம் நாட்ட ஏடகத்தில் (ரெடீனாவில்) பிம்பங்கள் அரைக்கால் ஸெகண்டு நேரம், முறையே நிலைத் திருத்தல் என்ற முறையை யொட்டியே காணப் படுவதாம். நாட்ட ஏடகத்தில் (ரெடீனாவில்) விழும் பிம்பங்கள், முறையே, அரைக்கால் ஸெகண்டுவரை மறையாதுள்ள நிலையிலேயே, ஸினிமா படக்காட்சி யேற்படல் சாத்தியமாயிற்று.

ஒளிக்கதிர்கள் நேர்க்கோடுகளில் செல்பவை யாய்க் காணப்படுகின்றன. ஆயினும் அவை மிக நுட்பமான அலைகளே யென அறியப்பட்டுள்ளது. அவ்வலைகள், ஒலியலைகளைப்போல பருப்பொரு ளொன்றின் இயக்கத்தால் ஏற்படுபவையல்ல; நீள் வாட்டத்து இயக்கத்தை யொட்டியும் ஏற்படுபவை அல்ல. ஒலியலைகள் இசைக்கப்படும் (ப்ராபகேட் ஆகும்) திக்கிற்கு குறுக்குவாட்டத் துடிதுடிப்பை (வைப்ரேஷனை) யொட்டி யேற்படும் குறுக்கை இசைப்பு அலைகள்(டிரான்ஸ்வர்ஸ்வேவ்கள்.) குறுக்கு வாட்டத்தில் பருப்பொருள் ஒன்றும் துடிதுடிப்ப தில்லை. (வைப்ரேட் செய்வதில்லை) ஒரு இடைப் போதில் (பீரியடில்) மின்வலிமையும், காந்த வலிமை யும், முறையே தக்கவாறு வேறுபடுகின்றன. எனவே அவை வலிமைத் துடிதுடிப்பு (வைப்ரேஷன்) அலை கள், எனலாம். அவை, மின்—காந்த அலைகள் (எலக்ட்ரோமாக்னடிக் வேவ்கள்) எனப்படுகின்றன. மின் காந்த அலைகள் எல்லாம் விசும்பின் (ஈதரின்) வழியே, ஸெகன்டிற்கு 1,86 300 மைல்கள் வேகத் துடன் இசைக்கப்படுகின்றன. (ப்ராபகேட் ஆகின்

றவை) அவற்றின் துலித நிரல்மானங்கள் (ப்ரீக்வன்ஸிகள்) எவ்வளவாகவேனும் இருக்கலாம். ஒரு துடி துடிப்பு இடைப்போதில் (பீரியடில்) அலை யிகைக்கப் படும் தூரம் 'அலை நீளம்' (வேவ் லெங்குது) எனப் படும். அலை நீளத்தை துலித நிரவமானத்தால் பெருக்குவதால் பெறப்படும் பெருக்கெண் அலையி கைப்பு வேகத்தினளவாயிருக்கும், என அறியலாம். ஆயிரங்கோடியிலொரு பங்கு அங்குல அலை நீன மானவற்றிலிருந்து, 20 மைல்கள் அலை நீலமான வரையான மின்காந்த அலைகள் செயல் முறையை யொட்டி பயத்தப்பட்டுள்ளன, அவற்றில், $\frac{1}{10000000000}$ அங். முதல் $\frac{1}{2000000000}$ அங். வரை ஆனவை, காமா'க் கதிர்கள்; $\frac{1}{5000000000}$ அங். முதல் $\frac{1}{500000}$ அங். வரை ஆனவை, 'எக்ஸ்' கதிர்கள்; $\frac{1}{500000}$ அங். முதல் $\frac{1}{60000}$ அங். வரை ஆனவை, அல்ட்ரா வயலட் கதிர்கள்; $\frac{1}{60000}$ அங். முதல் $\frac{1}{30000}$ அங். வரை ஆனவை, காணொளிக் கதிர்கள்; $\frac{1}{30000}$ அங். முதல் $\frac{2}{25}$ அங். வரை ஆனவை. இன்பரா சிவப்புக் கதிர்கள் (சூட்டுக்கதிர்கள்); $\frac{1}{25}$ அங் முதல், 20 மைல்வரை ஆனவை, ஹெர்ஜியன், (ரேடியோ) அலைகள். ரேடியோ அலைகள் கட்புல னுகாதவை. இனப்ரா சிவப்புக் கதிர்களும் கட்புல னுகாதவை; அவை சூட்டுணர்ச்சியைத் தருகின் றவை. ஒளியலைகள் கண்ணில்பட்டால் ஒளியுணர்ச் சியை மூட்டுபவை. அல்ட்ராவயலட் கதிர்களும் எக்ஸ் கதிர்களும் கட்புலனுகாதவை; சிலவகைப் பொருள்களின் மீது பட்டால் ஒளிர்கின்றன.

காமாகதிர்கள் கட்புலனாகாதவை; சாதாரண ஒளி ஊடேக வியலாத பொருள்களின் ஊடேயும் செல்லக்கூடியவை; உடல் செல்களை பாதிக்கின்றவை. அவை எல்லாம் மின்-காந்தவியலானவை; அதாவது, மின்னேற்புக்களின் (எலக்ட்ரிக் சார்ஜுகளின்) இயக்கத்தால் பயத்தப்படுபவை; பருப்பொருளியியலாயில்லாத ஊடேகு இடவையின் (மெடீரியலாயில்லாத மீடியத்தின்) வழியே செல்பவை; செகண்டிற்கு 1,86,300 மைல்கள் வேகத்துடன் இகைக்கப்படுபவை.

ஒளி எவ்வாறு உண்டாகின்றது என்பதைக் கூறலாம். எல்லாப் பொருள்களின் அணுக்களும், முறையே, புரோடான்களமைத்த நியூக்ளியஸையும் அதைச் சுற்றி வட்டமிடும் எலக்ட்ரான்களையும் கொண்டனவை எனக் கூறியுள்ளோம். ஒரு அணுவின் பாற்பட்ட எல்லா எலக்ட்ரான்களும் நியூக்ளியஸினின்று ஒரே தூரமானவாறு வட்டமிடுபவை அல்ல. அவை, பல தொகுதிகளாய் வெவ்வேறான தூரங்களில் வட்டமிட்டுக்கொண்டுள்ளன. ஒவ்வொரு தொகுப்பும் முறையே வட்டமிடுவதற்கான வளைப்பாதைகள், அவ்வவற்றின் கோளகைகள் (ஆர்பிட்டுகள்) எனப்படுகின்றன. கோளகைகளின் எண்ணிக்கையும், தொகுப்பிலுள்ள எலக்ட்ரான்கள் எண்ணிக்கையும், அடிப்பண்டத்திற்கு (எலிமெண்டுக்கு) அடிப்பண்டத்திற்கு (எலிமெண்டுக்கு) வேறுபடுவன. மூன்று கோளகைகளில் வட்டமிட்டுக் கொண்டுள்ள எலக்ட்ரான்களைக் கொண்ட அணுவொன்றைக் கவனிக்கலாம். ஒவ்வொரு கோளகை

யிலும் முறையே, எவ்வெண்ணிக்கையான எலக்ட்ரான் தொகுதிகள் வட்டமிடும் என ஏற்பட்டுள்ளது. ஆயினும் வெளிச்சக்தியால் குளிர்ச்சி செய்யப்பட்டபோது, உள் வாட்டத்துக் கோளகை யொன்றிலுள்ள எலக்ரான்கள் வெளிவாட்டத்துக் கோளகைக்குத் தாவலாம்; அவை தாவுவதை ஈடுகட்ட வெளிவாட்டத்துக் கோளகையிலிருந்து அவ்வெண்ணிக்கையான எலக்ட்ரான்கள், உள்வாட்டக் கோளகைக்குத் தாவுகின்றன. வெளிவாட்டக் கோளகைக்குத் தாவும் எல்க்ட்ரான்கள், நியூக்ளியஸின் கவர்ச்சி வலிமையை எதிர்த்துத் தாவவேண்டும். அதற்கான சக்தியை அவை கிளர்ச்சிசெய்யும் சக்தியினின்று பெறுகின்றன. உள்வாட்டக் கோளகைக்குந் தாவும் எலக்ட்ரான்களினின்று அவ்வளவேயானசக்தி வெளிப்படுகின்றது. அச்சக்தி வெளிப்பாட்டையொட்டிய எலக்ட்ரான் துடிதுடிப்புக்கான மின் காந்த அலை இசைக்கப்படுகின்றது. வெளிப்படும் சக்தி 'கொத்தந்தனை' (குவாண்டம்) என்ற நுண்ணளவுச் சக்தியின் மடங்களவாகவே (மல்டிபிளாகவே) இருக்க வேண்டும் என அறியப்பட்டுள்ளது. குவாண்டமொன்று, ஒரு லக்ஷத்து ஐம்பத்திராயிரத்து அறுநூறுகோடிக் கோடானுகோடியிலொரு பங்கு 'எர்கு' அளவான ஸ்திர எண்ணை, (காண்ஸ்டண்டை) துவிதசிரல்மானத்தால் (ப்ரீக்வன்ஸியால்) பெருக்குவதால் பெறப்பட்டு மளவினதாம். எனவே, வெளிப்படும் சக்திக் குவாண்டங்களின் அளவுகள் அதிகமாயிருந்தால், மின்காந்த அலையின் துவித சிரல்மானமும் (ப்ரீக்வன்ஸியும்) அதிகமாயிருக்கும். வெளிப்படும்

சக்தி குவாண்டங்களின் அளவுகளைப் பொருத்த வாறு, மின்-காந்த அலைகளின் நீளங்கள் இருப்பன. (கிளர்ச்சியையொட்டி, எலக்ட்ரான்களின் கோளகை விட்டுக் கோளகைத்தாவல் நடைபெற்றுக்கொண்டே யுள்ளதால், மின்-காந்த அலைகள் வெளிப்பட்டுக் கொண்டேயுள்ளன. கோளகைத்தாவல், 'முதலாவது, இரண்டாவதற்கோ, இரண்டாவது மூன்றாவதற்கோ ஆனவாறு இருக்கலாம். அதையொட்டி பல அலை நீளங்களான மின்-காந்த அலைகள் ஏற்படலாம். ஆகவே, அணுக்களில் கிளர்ச்சி செய்யப்பட்ட எலக்ட்ரான்களின் தாவுதல் முறையை யொட்டி, மின்-காந்த அலைகள் வெளிப்படுகின்றன என அறிகிறோம். அவ்வலைகளின் நீளங்கள், $\frac{1}{80000}$ அங்குலத்திற்கும் $\frac{1}{30000}$ அங்குலத்திற்கும் இடையானவையாய் இருப்பின், அவை கட்புலனாகும் ஒளியலைகளாய் உள்ளன. ஒரு ஸெகண்டில் பல்கோடானு கோடி எலக்ட்ரான்கள் தாவுகின்றன. பல்கோடானு கோடி மின்-காந்த அலைகள் வீசப்படுகின்றன. ஒளியலைகளில், $\frac{1}{80000}$ அங். முதல் $\frac{1}{57500}$ அங். வரையானவை வயலட்-ஊதா நிறமாயும், $\frac{1}{57500}$ அங். முதல் $\frac{1}{55000}$ அங். வரையானவை அவுரி-ஊதா நிறமாயும், $\frac{1}{55000}$ அங். முதல் $\frac{1}{57000}$ அங். வரையானவை நீல நிறமாயும், $\frac{1}{50000}$ அங். முதல் $\frac{1}{45000}$ அங். வரையானவை பச்சை நிறமாயும், $\frac{1}{45000}$ அங். முதல் $\frac{1}{42000}$ அங். வரையானவை மஞ்சள் நிறமாயும், $\frac{1}{42000}$ அங். முதல் $\frac{1}{30000}$ அங். வரையானவை சிவப்பு நிறமாயும் உணரப்படுகின்றன.

எலக்ட்ரான் தாவுதல்களையொட்டிய துடி துடிப்பால் பயத்தப்படும் மின்காந்த அலைகள், கிளர்ச்சி செய்யப்படும் அணுக்கள், எவ்வடிப் பண்டத்தினவை என்பதைப் பொருத்தவாருன அலை நீளங்களுடன் உள்ளவை. மற்ருெரு வகையில் அணுக்களின் கிளர்ச்சியுடன் நேரே தொடர்பானவாறு எலக்ட்ரான்களை துடி துடிக்கச் செய்து (வைப்ரேட்டாகச் செய்து) மின்காந்த அலைகள் வெளிப்படலாம். அவ்வலைகள், கிளர்ச்சியின் தன்மையையொட்டிய பல அலை நீளங்களாயிருக்குமேயன்றி, அடிப்பண்டத்தினியலைப் பொருத்தவையாயிரா. திடப்பொருளொன்றைச் சூடாக்கிருல் அதன் மூலத்துகள்களின் இயக்கம் அதிகமாகின்றது. வெப்ப நிலை ஓரளவை விட அதிகமானபோது, அணுக்களும் கிளர்ச்சி செய்யப்படுகின்றன. அணுக்களிலுள்ள எலக்ட்ரான்களும் அணுக்களிலமைந்தவாறே துடி துடிக்கின்றன (வைப்ரேட்செய்கின்றன). மின் காந்த அலைகள் தோன்றுகின்றன. வெப்ப நிலை அதிகமாக, ஆக, துலித நிரல் மானங்கள் (ப்ரீக்வன்ஸிகள்) அதிகமான அலைகள் தோன்றி வரும். எண்ணெய்த்திரி விளக்குகளில் சூடேற்றப்படும் திடப்பொருள், கார்பன். மின்ஞெளிர் விளக்குகளில் (எலக்ட்ரிக் குளோ லாம்புகளில்) மின்சார சக்தி, கம்பியொன்றைச் சூடாக்க உபயோகிக்கப்படுகின்றது. வெப்ப நிலை 500°C க்கு குறைந்துள்ளபோது, பயத்தப்படும் மின் காந்த அலைகள், அதிக அலை நீளமான சூட்டலைகளே. அவை கட்புலனுகாதவை. 500°C முதல் 600°C வரை கட்புலனுகும்

செவ்வொளி அலைகளும் ஏற்படுகின்றன. 600°C முதல் 800°C வரை மஞ்சள் ஒளி அலைகளும், சிறிதளவு பச்சை, நீல ஒளி அலைகளுங்கூட ஏற்படுகின்றன. அவற்றின் சேர்தலொளி மஞ்சளாய்த் தெரியும். எண்ணெய் விளக்குகளில் வெப்ப நிலை 800°Cக்கு மேல் ஏறுவதில்லை. ஆதலின் அவற்றினொளி சற்று மஞ்சளாகவே உள்ளது. 1500°C வெப்ப நிலையில், சிவப்பு - மஞ்சள் - பச்சை - நீலம் - ஊதா என்ற பல நிற ஒளிகளுக்கான அலைகளும் பயத்தப்படுகின்றன. அவற்றின் சேர்தலொளி, வெண்ணொளி. மின்னொளிர் விளக்குகளின் வெப்ப நிலை 2000°C அவற்றினொளி சற்று நீலம படர்ந்த வெண்ணொளியாயுள்ளது. சூரியனது மேற்பரப்பின் வெப்ப நிலை 6000°C சூரிய ஒளியில் எல்லா நிற ஒளிகளும் தக்கவிதமாய்ச் சேர்ந்துள்ளமையின், அது, வெண்ணிற ஜோதியுடன் உள்ளது.

மின்சார சக்தியால் அணுக்களைக் கிளர்ச்சி செய்து, எலக்ட்ரான் தாவுதல் முறையை யொட்டி ஒளியைப் பெறலாம் வாயுக்களையும், ஆவிக்களையும் முறையே கொண்ட குழாய்களின் வழியே மின்சார விட்டம் (எலக்ட்ரிக்டிஸ்சார்ஜு) செலுத்தப் படுவதால் அவ்வகை ஒளிகள் வீசப்படுகின்றன. ஆயினும் அவ்வொளிகள், பல நிறங்களும் சேர்ந்த வெண்ணொளியாயிருக்காதவை. தத்தமக்கான அலை நீளங்களைப் பொருத்த நிறங்களின் சேர்க்கை நிறவொளிகளாகவே முறையே அமைகின்றவை. நியான்

வாயு சிவப்பாய் ஒளிர்கின்றது. ஹீலியம் ஹீலியட் ரோப் நிறமாய்த் துலங்குகின்றது. கார்பன்டை ஆக்ஸைட் வாயுவில் அநேக அலை நீளங்களுக்கான அலைகள் உள்ளமையின் அது பால் போன்ற ஒளி யுடனுள்ளது. நைட்ரஜன் பிங்கல நிறமாய் இலங் கும். பாதரஸ ஆவி பசும் நீல நிறமாய்ப் பிரகா சிக்கும்; ஸோடிய ஆவி பொன்னிறமாய் ஜ்வலிக்கும்.

தட்டையான தடுப்புகளின்மீது படும் ஒளியலை கள் பிரதிபலிக்கப்படுகின்றன. சிலவகைப் பரப்பு களால் ஒளி அதிகமாய்ப் பிரதிபலிக்கப்படும்; சிலவற்றினின்று குறைவாய்ப் பிரதிபலிக்கப்படும். நல்ல நிலைக்கண்ணாடி யொன்றினின்று நூற்றில் தொண்ணூற்றெட்டு பங்கு ஒளி பிரதிபலிக்கும். சம மட்டமான பரப்பிலிருந்து ஒளி பிரதிபலிக்கப் படும்போது, ஒளிக் கதிர்கள் அம் மட்டத்துடன் எவ்வளவு கோணமானவாறு விழுகின்றனவோ, அவ்வளவு கோணமானவாறே பிரதிபலிக்கப்படுகின் றன. சமமட்டமாயில்லாத வஸ்துக்களின் மீது படும்போது, அவ்வஸ்துவின் ஒவ்வொரு சிறுபகுதி யினின்றும், முறையே, மேற்கூறப்பட்டவாறு பிரதி பலிப்பு ஏற்படும். ஒவ்வொரு சிறு பகுதிக்கும், முறையே விழும் ஒளிக்கதிர்களுக்குமான கோணங் கள் வேற்றளவானவை. எனவே, பிரதிபலிக்கப்படும் ஒளி வெவ்வேறான திக்குகளில் செல்லும். அவ்வாறு பல வாட்டங்களிலுமாய்ச் செல்லும் கதிர்களைக் கொண்ட ஒளி 'விரவல் ஒளி' (டிப்யூஸ்டு லைட்) எனப்படும். விரவல் ஒளியை (டிப்யூஸ்டுலைட்டை)

யொட்டியே, சாதாரணமாய் வஸ்துக்கள் கட்புலனாகின்றன. பலவாட்டங்களிலுமாய்ப் பிரதிபலிக்கப்படும் ஒளிக்கதிர்களில் சில கண்ணில் விழுவதால், வஸ்து தெரிகின்றது.

ஒளிக்கதிர்கள் ஒரு பொருளின்மீது பட்டு பிரதிபலிக்கப்படாவிடின், அதனூடே செல்கின்றன. பிரதிபலிக்கப்பட்டால், பிரதிபலிக்கப்பட்டவளவு போக, மீதியளவு ஊடே செல்லும். அதனூடே ஒளி செல்லும்போது, அப்பொருளால் கிரகிக்கப்பட்டுக்கொண்டே போகும். சிலவகைப் பொருள்களினூடே சற்று தூரம் போவதற்குள் கிரகிக்கப்பட்டுவிடும். சிலவகைப் பொருள்களில் அது முற்றும் கிரகிக்கப்படுவதற்கு முன் அதிக தூரம் செல்லலாம் இரண்டாம் வகைப் பொருள்கள் ஊடுகாணியல் (ட்ரான்ஸ்பேரண்டு) பொருள்கள், எனப்படுபவை. பொருள்களினூடே ஒளி செல்லும் வேகம், அது வெற்றிடத்தினூடே செல்லும்போதானதைவிடக் குறைந்திருக்கும். ஒளிக் கதிர்கள் வெற்றிடத்தினின்று ஊடேகு இடவை (மீடியம்) ஒன்றினுள் புகும்போதும், ஒரு ஊடேகு இடவையிலிருந்து (மீடியத்திலிருந்து) மற்றொன்றினுள் புகும் போதும், அவற்றின் வேகம் வேறுவதால். அவை செல்லும் திக்கும் வேறுகின்றது. அவ்விரு திக்குகளுக்கு இடையான கோணம் 'போக்குத் திரிபு கோணம்' (ஆங்கிள் ஆப் டீவியேஷன்) எனப்படும். முதல் ஊடேகு இடவையினூடே (மீடியத்தினூடே) செல்லும் வேகத்திற்கும் இரண்டாவது ஊடேகு இடவையினூடே (மீடியத்தினூடே) செல்லும்

வேகத்திற்கும் ஆன வீதம் 'ஞெமிர்தல் இங்கிதம்' (ரிப்ராக்டிங் இண்டக்ஸ்) எனப்படும். வெண்ணொளியில் பலவளவு துலிதநிரல்மானங்களான (ப்ரீக்வன்ஸிகளான) அலைகள் உள்ளன என அறிவோம். வெண்ணொளி பருப்பொருளியலான ஊடேடகு இடவை யொன்றில் (மெடீரியல் மீடியமொன்றில்) செல்லும்போது, பல நீளங்களாலான அலைகளின் துலிதநிரல்மானங்கள் (ப்ரீக்வன்ஸிகள்) முறையே வெவ்வேறளவு குறைகின்றன. அலை நீளங்களினளவு வேறுபடுவதில்லை. ஆகவே, பல அலை நீளங்களுக்கான வேகங்கள், முறையே, வெவ்வேறளவினவாய் ஆகின்றன. ஞெமிர்தல் இங்கிதத்தின் (ரிப்ராக்டிங் இண்டக்ஸின்) அளவுகள், அலை நீளத்திற்கு அலை நீளம் முறையே, வேறுபட்டவையாய் ஆகின்றன. அலை நீளம் அதிகமாக ஆக ஞெமிர்தல் இங்கிதத்தின் (ரிப்ராக்டிங் இண்டக்ஸின்) அளவு குறைவாகும்.

முப்பட்டைக் கண்ணாடி (பிரிஸம்) ஒன்றினூடே வெண்ணொளிக் கதிர்கள் செல்லும் முறையைக் கவனிக்கலாம் முப்பட்டைக் கண்ணாடியின் இரு பக்கப்பரப்புகள் ஒன்றுடனொன்று சாய்ந்தவை. முதல் பரப்பின் மீது வெண்ணொளி விழுகின்றது. வயலட் ஒளிக் கதிர்கள் அதிகமாகவும் சிவப்பொளிக் கதிர்கள் குறைவாகவும் திரும்புகின்றன. திரும்பியவை இருபக்கப் பரப்புகளுக்கிடையுள்ள கண்ணாடியினூடே செல்கின்றன. அப்பக்கங்களில் மேலே செல்லச் செல்ல இடைத் தூரம் குறைந்து

வருகின்றது. வெளி வாட்டத்துள்ள சிவப்பொளி கண்ணாடியினூடே செல்லும் தூரம் குறைவாகவும், உள் வாட்டத்துள்ள வயலட் ஒளி செல்லும் தூரம் அதிகமாகவும் அமைகின்றன. சிவப்பொளியின் வேகம், வயலட் ஒளியின் வேகத்தை விட அதிக மானது. ஆகவே, சிவப்பொளி குறைந்த தூரம் அதிக வேகத்துடன் செல்கின்றது; வயலட் ஒளி அதிக தூரம் குறைந்த வேகத்துடன் செல்கின்றது. இரண்டாவது பரப்பை, ஒளியலைகள் எல்லாம் ஒரே தருணத்தில் அடைவதில்லை. வயலட் ஒளி அப்பரப் பினின்று வெளிப்படும் க்ஷணத்தில், சிவப்பொளி கண்ணாடியினின்று சற்று தூரம் வெளியே சென் றிருக்கும். ஒளியலைகளின் முன்புறப் பரப்பில் செவ் வொளியும், வயலட் ஒளியும் தனிப்பட்டவாறு அமைந்திருக்கும், அவற்றிடை மற்ற நிற ஒளிகளும் தனிப்பட்டவாறு அமைந்திருக்கும். முப்பட்டைக் கண்ணாடியால் வெண்ணொளி பல நிற ஒளிகளாய் பிரிக்கப்படுகின்றது. அது, 'நிறமேலுத்தாவல்' (டிஸ்பர்ஷன்) எனப்படும்.

'நிறமேலுத்தாவல்' (டிஸ்பர்ஷன்) முறையை யொட்டி, ஓரொளியின் நிறப்பான்மை எவ்வா றுளது எனப் பகுத்தறியலாம். பரிசீலனை செய்யப் படவேண்டிய ஒளி ஒரு மெல்லிய சந்திரன் வழியே செலுத்தப்படும். அச்சந்தின் ஓரங்கள் ஒழுங்கான நேர்க்கோடுகளாய்ச் செதுக்கப்பட்டவை. அதன் உயர வாட்டவளவு அதிகமாயும் குறுக்கு வாட்ட வளவு மிகச் சிறிதாயும் இருக்கும். அவ்வாறுள

குறுஞ்சந்து 'வரிச்சந்து' (ஸ்லிட்) எனப்படும். ஸ்லிட்டின் வழியே வரும் ஒளி முப்பட்டைக் கண்ணாடி யொன்றினூடே செலுத்தப்படும். முப்பட்டைக் கண்ணாடியிலிருந்து வெளிப்படும் ஒளி, ஒரு வெண் திரையில் விழும். அவ்வொளியை யொட்டியான வரிச்சந்தின் (ஸ்லிட்டின்) பிம்பம் திரையில் விழுகின்றது. அதற்கு அவ்வொளியின் 'வண்ணச் சிவணல்' (ஸ்பெக்ட்ரம்) என்று பெயர். திட்டமான வண்ணச்சிவணலை (ஸ்பெக்டரத்தை) அமைக்கும் பொருட்டு வரிச்சந்துக்கும் முப்பட்டைக் கண்ணாடிக்கும் இடையில் ஒரு கூம்படைவியல் வில்லையும் (கன்வர்ஜிங்கு லென்ஸும்), முப்பட்டைக் கண்ணாடிக்கும் திரைக்கும் இடையில் மற்றொருகூம்படைவியல் வில்லையும் (கன்வர்ஜிங்கு லென்ஸும்) வைக்கப்படும். திரையை எடுத்துவிட்டு, அதுவிருந்த இடத்தில் மற்றொரு கூம்படைவியல் வில்லையை (கன்வர்ஜிங்கு லென்ஸை) வைத்து, அதன் வழியே நோக்கினால் 'வண்ணச்சிவணல்' (ஸ்பெக்ட்ரம்) கண்ணிற்கு நன்றாய்த் தென்படும். சிறந்த ரகமான வில்லைகள் (லென்ஸ்கள்), நன்கு இழைக்கப்பட்ட முப்பட்டைக் கண்ணாடி, அது பொருத்தப்படுவதற்கான மேடை (பிளாட்பாரம்) அதன் பொருத்த விடங்களையும், ஒளிவிழுங் கோணத்தையும், போக்குத்திரிபுக் (டீவியேஷன்) கோணத்தையும் திருத்தமாய் அளவிடுவதற்கான கோண வட்ட வளவிகள் (ஸர்க்குலர் ஸ்கேல்கள்) முதலானவையும் இன்னும் பல திட்ட சாதனங்களும் சிறந்த நன்முறையில் தக்க

வாறு அமைக்கப்பட்ட தொடுப்பொன்று கூட்டுப் பொருந்தலான கருவிக்கு ‘வண்ணச்சிவணலளவி’ (ஸ்பெக்ட்ராமீட்டர்) என்று பெயர்.. போட்டோ படம் பிடிக்கும் காமிரா ஒவ்வொன்றும், தொடுக்கப் பட்ட வண்ணச்சிவணலளவிகள் (ஸ்பெக்ட்ராமீட் டர்கள்) உண்டு. அவை ‘வண்ணச்சிவணல் பொறித் திகள்’ (ஸ்பெக்ட்ரோகிராப்கள்) எனப்படுகின்றன. அவற்றைகொண்டு வண்ணச்சிவணல்களை (ஸ்பெக்ட் ரங்களை) போட்டா படம் பிடிக்கலாம். வண்ணச் சிவணலளவிகளையும் (ஸ்பெக்ட்ராமீட்டர்களையும்), வண்ணச்சிவணல் பொறித்திகளையும் (ஸபெக்ட்ரோ கிராப்களையும்) கொண்டு பலவகை ஒளிகளைப் பரிசிலனை. செய்து பகுத்தறியலாம். சூரியனைப் பற்றியும் நக்ஷத்திரங்களைப் பற்றியும் செய்யப்படும் ஆராய்ச்சிகளுக்கு முக்கியமான கருவிகள் அவையே.

போட்டோ படம் எடுக்கும் காமிரா கண்ணின் அமைப்பு முறையை யொட்டி பொருத்தப்படுவது. அதில் ‘வில்லை’ (லென்ஸ்) உண்டு. அதன் முன் புறத்தில் ‘தாரைச்சாயையேட்டை’ (ஐரிஸை)ப் போன்ற துளைவரம்புவிள்ளலி (டயாப்ரம்) என்ற அமைப்பு உள்ளது. அதைக்கொண்டு. வில்லையின் (லென்ஸின்) கூம்படைவுதிறன் (கன்வர்ஜிங் பவர்) ஒரேயளவா யுள்ளமையின், நாட்ட ஏடகத்தை (ரெடீனவை) யொத்த திரைப்பகுதி முன்னும் பின்னுமாய் தள்ளப்படக்கூடிய சாதனம் உள்ளது. திட்டமான பிம்பம் அத்திரையில் விழுமாறு அமைக் கப்பட்ட பிறகு, திரை எடுக்கப்பட்டுவிடும். அது

விருந்த இடத்தில். போட்டோ பிளேட்டைக் கொண்ட இருள் சொருகுமூடிப் பேழை (டார்க்கு ஸ்லைட்) வைக்கப்படும். பிறகு போட்டோ எடுக்கப் படும். பிளேட் மருந்தில் போட்டு கழுவப்பட்டு, போட்டா படம் அமைக்கப்படும்.

கூம்படைவியலான (கன்வர்ஜிங்கு) வில்லை (லென்ஸ்) ஒன்றைக்கொண்டு சிறிதளவான வஸ் துவை பெரிதானவாறு காணலாம். அவ்வகையான வில்லைகள் (லென்ஸ்) எளியவகை நுண்ணியல்காணி கள் (ஸிம்பிள் மைகிராஸ்கோப்புகள்) எனப்படும். இரண்டு வில்லைகள் (லென்ஸ்கள்) தக்கவாறு ஒரு குழாயின் இரு நுனிகளில் பொருத்தப்பட்ட அமைப்பு 'கோட்டியஞ்சித நுண்ணியல் காணிகள்' (காம்பவுண்டு மைகிராஸ் கோப்புகள்) எனப்படு பவை. சிறந்த வகையான வில்லைகளையும் இன்னும் பல நிட சாதனங்களையும் கொண்ட மைகிராஸ் கோப்புகள் அமைக்கப்படுகின்றன. பல்லாயிர மடங்கு பெரிதாய்க் காட்டும் மைகிராஸ்கோப்புகள் உள்ளன. ஆயினும் ஒளியின் அலை நீளத்தை விடக் குறைந்தவளவான வஸ்துக்கள் உள்ளதை மைகிராஸ் கோப் வழியேயும் காண இயலாது.

கூம்படைவியலான வில்லைகளை (கன்வர்ஜிங்கு லென்ஸ்களை) தக்கவாறு குழாய்களில் பொருத்தி 'தொலைசார் காணிகள்' (டெலஸ்கோப்புகள்) அமைக்கப்படுகின்றன. தொலைசார் காணிகளின் ஒரு வில்லை பெரிதாயிருக்கும். பல அடிகள் குறுக் களவு இருக்கும். கண்வைத்து நோக்கும் வில்லை

சிறிதாயிருக்கும். தூரவஸ்து பிரகாசமாய்க் காணப் படும். தொலைசார் காணிகளிலும் காமிராவைப் பொருந்தி தூரவஸ்துகளைப் போட்டோ எடுக்கலாம். அவற்றைக்கொண்டு சூரியன், நக்ஷத்திரங்கள் முத லானவை ஆராயப்படுகின்றன.

கட்புலனுகா மின் காந்த அலைகளைப்பற்றி சற்று கூறலாம். 60 அடி முதல் 6000 அடி வரை நீளமான மின் காந்த அலைகள் வானொலி பரப்பப் பயன்படுகின்றன. இன்ப்ராச்சிவப் பலைகளைக் கொண்டு போட்டோ பிடிக்கலாம். நிலம் மூடுபனி கவிந்தவாறுள்ளபோதும் கூட, அவ்வலைகள் சிதறடிக்கப்படாதுள்ளன. எனவே தெளிவான போட்டோப் படங்களைப் பிடிக்க இயல்கின்றது. அல்ட்ராவயலட் கதிர்களும், 'எக்ஸ்' கதிர்களும் வைத்திய சிகிச்சை முறையில் மிகவும் பயன்படுபவை.

இவ்வுலகில் உற்பத்தியாகாது வேறு எங் கிருந்தோ வரும் மின் காந்த அலைகள் நம்முலக முழுதும் எங்கும் பரவியுள்ளன என அறியப்பட் டுள்ளது. அவற்றின் அலை நீளங்கள் மிகக் குறை வானவை. அவை 'விண்ணியல் கதிர்கள்' (காஸ்மிக் ரேக்கள்) எனப்படுகின்றன. பிரமாண்டத்தில் பொருள்கள் நிர்மூலமாகி சக்தியாய் மாறிப் பரவு வதை யொட்டி அவை எழுப்பப்படுகின்றன என அனுமானிக்கப்பட்டுள்ளது.

ஒளியின்பாற்பட்ட ஆராய்ச்சிகள், பொருள் களின் உள்ளமைப்பைப் பற்றியும், பொருளுக்கும்

சக்திக்குமான தொடர்பிணைவைப்பற்றியும், அறிதற்கான வழிகளில் சென்றுள்ளன. அவ்வழியே விதியியல் விஞ்ஞானம் மிகவும் முன்னேற்றமடைந்துள்ளது. நுட்பமான செயல்முறைச் சாதனங்கள் பல கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன. விஞ்ஞான அளவை முறை நுட்பமும் சிறப்பாய் விளக்கமாகின்றது.

X

பிரபஞ்ச எல்லை

நமது உலகின் மேற்புறத்தில் மூன்று அடுக்குகள் உள்ளன எனலாம். அடியடுக்கு நிலப்பாங்கானது. அது 'ஏரலோடு' (கிரஸ்டு) எனப்படும். அதன்மீதான அடுக்கு நீர்ப்பாங்கான கடல்கள். அதற்கும மீதானது, 'பவனம்' (அட்மாஸ்பியர்) எனப்படும் காற்றுப்படலம்.

பவனம் ஐந்நூறு மைல்கள் உயரம் வரை வியாபித்துள்ளது. அதில் உயரச் செல்லச் செல்ல காற்றின் அமுக்கமும். செறிவும், முறையே குறைந்துகொண்டு போகும் எனக் கூறியுள்ளோம். புகைக்கூண்டுகளில் பறந்து சென்றதால், பதினான்கு மைல் வரையான பவனத்தின் பான்மை எவ்வாறானது எனக் கண்கூடாய் அறியப்பட்டுள்ளது. ஆராய்ச்சி புகைக்கூண்டுகளில் தக்க கருவிகளை அமைத்துப் பறக்கவிட்டதினின்று, இருபத்தைந்து மைல் உயரம் வரையான பவனத்தின் பான்மை அறியப்பட்டுள்ளது. எட்டு மைல் உயரம் வரையான பவனப் பகுதிக்கு 'கயமண்டலம்' (ட்ராபஸ்பியர்) என்று பெயர். அவ்வுயரத்திற்கு மேல் மேகங்கள் சஞ்சரிப்பதில்லை. ட்ராபாஸ்பியருக்கு மீது நான்கு மைல் உயரம் வரையான பகுதிக்கு 'சேண்மண்டலம்' (ஸ்ட்ராடாஸ்பியர்) என்று பெயர். அம்மண்டலத்திற்கு வரும் வரை, நில

மட்டத்திலிருந்து உயரமாய்ச் செல்லச் செல்ல வெப்ப நிலையும் குறைந்து வருகின்றது. சேண் மண்டலத்தில் நுழைந்த பிறகு உயரச் செல்லும் போதும், வெப்ப நிலை வேறுபடாதுள்ளது. உயர மாய்ச் செல்லச் செல்ல வானின் நிறம் கருமையாய்க் கொண்டே வருகின்றது. சேண்மண்டலத்திலிருந்து (ஸ்ட்ராடாஸ்பியரிலிருந்து) வானம் கன்னங்கரே லென்றுகின்றது. கடல் மட்டத்திலிருந்து இருபது மைல்கள் உயரத்திற்கு மேல் 'ஓஜோன்' என்ற வாயுவினுலான படலம் உள்ளது. அப்படலத்து வெப்ப நிலை சேண்மண்டலத்ினதை (ஸ்ட்ராடாஸ் பியரினதை) விட அதிகமானது. கீழிருந்து உயரக் கிளம்பிச் செல்லும் ஒலியலைகள் அப்படலத்தில் மோதி பிரதிபலிக்கப்பட்டு மீள்கின்றன. ஐம்பது மைல்கள் உயரத்திலே பவன மின்சாரவீட்டத்தை (அட்மாஸ்பரிக் டிஸ்சார்ஜை) யொட்டிய தோற்றப் பாடுகள் உண்டாகின்றன. அறுபது மைல்கள் உயரத்தில் மின்கடத்தேற்பான (அயோனைஸான) காற்றுப்படலம் அமைந்துள்ளது. ரேடியோ ஒலி பரப்பு மின்காந்த அலைகள் அப்படலத்தினின்று பிரதி பலிக்கப்பட்டு கீழ் உலகை நோக்கி மீள்கின் றன. நூற்றெண்பது மைல்கள் உயரத்தில் மற்ருெரு மின்கடத்தேற்பான (அயோனைஸான) படலம் உள்ளது. அதற்கு மேல் மூந்நூற்றிருபது மைல்கள்வரை பவனம் வியாபித்துள்ளது. அமுக்கம் மிகவும் குறைந்து, பவனம் வெளியிடத்துடன் லீன மாகின்றது.

மேலோட்டைக் குடைந்து நிலத்தினுள் ஆழமாய்ச் சென்றால், பல வளவு வாழங்களில் முறையே வேற்றுமை வகையான கல், மண், பாறைகளைக் காண்கிறோம். அப்படி அவ்வவ அமைந்துள்ள படலங்கள் 'இருக்கை வாய்ப்புகள்' (ஸ்ட்ரேடங்கள்) எனப்படுகின்றன. நில மட்டத்தின் கீழ் 500 அடி ஆழம் வரை களிமண் உள்ளது. அதன் கீழ் காரையியலான இருக்கைவாய்ப்பு (ஸ்ட்ராடம்) உள்ளது. 800 அடிக்குக் கீழ் மணல் நொய்யான களிமண் உள்ளது. 1000 அடிக்குக் கீழ் பாறை தட்டுகின்றது. அவை 'சைகதப்பாறைகள்' (ஸெடிமண்டரி ராக்குகள்) எனப்படுபவை. அவற்றின் கீழ் 'அக்னித்தணத்தல்' (இக்னியஸ்) பாறைகள் உள்ளன. அவை பண்டைக் காலத்தில் உருக்குத் திரவமாயிருந்த உலோக ஸிலிகேட் பொருள்கள் குளிர்ந்துருகிய பாறைகள். அப்பாறைகளைக் குடைந்து சென்று, அவற்றின் கீழ் என்னவுள்ளது என கண்கூடாய் அறியப்படவில்லை. ஆயினும் அவ்வடிப்படலப்பொருள்களை எரிமலைகள் கக்குகின்றன. அவற்றைக்கொண்டு அவ்வடிப் படலப் பொருள்கள் எவ்வாறானவை என அறிந்துகொள்ளலாம்.

எரிமலைகள் உலகிற்குள் ஆழமாய் இறக்கப்பட்டுள்ள பெருங்குழாய்கள் எனலாம். சாதாரணமாக அக்குழாய்கள் நிலமட்டத்திற்கும் உயரமான குன்றுகள் மலைகளினூடே சென்றிருப்பவை. அக்குன்றுகளும் மலைகளும் 'எரிமலைகள்' எனப்படுகின்றன. எரிமலைகளின் உச்சிகளில் அக்குழாய்கள்முடிவாகும்

இடத்திற்கு கிடாரம் (கிரேடர்) என்று பெயர். கிடாரத்தினின்று 'லாவா' எனப்படும் குழம்புப் பொருள், கற்கள், தவிடு பொடிகள், நீராவி முதலானவை வீசப்படும். ஆயினும் அவை, இடையறாது வீசப்படா. சில காலங்களிலேயே வெளிப்படும். அப்படி அவை வெளிப்படும்போது, எரிமலை 'எக்குப் பிறங்கல்' (எரப்ஷன்) நிலைமையிலுள்ளது எனப்படும்.

எரிமலைகள் எக்குப்பிறங்கலாகும்போது (எரப்ஷனாகும்போது) பயத்தப்படும் வெடிப்பதிர்ச்சியையொட்டி பூகம்பங்கள் ஏற்படுகின்றன. அவ்வதிர்ச்சியதிகள், மேலோட்டின் (கிரஸ்டின்) வழியே இகைக்கப்படுகின்றன. அவற்றையொட்டி வேறிடங்களிலும் பூகம்பங்கள் ஏற்படலாம். ஆகலின், பூகம்பம் ஏற்படும் இடத்திற்குக் கீழேயே கிளர்ச்சி ஏற்படவேண்டும் என்றில்லை. பூகம்பம் மேலோட்டின் (கிரஸ்டின்) பாற்பட்ட விளைவு. எரிமலைகள் எக்குப் பிறங்கல் (எரப்ஷன்) ஆகும்போதெல்லாம் சுற்று வட்டங்களில் பூகம்பம் ஏற்படும். ஆயினும் 'எரிமலை எக்குப்பிறங்கல்' என்றவொரு காரணத்தினால்தான் பூகம்பம் ஏற்படும் என்றில்லை. வேறு காரணங்களையொட்டி மேலோட்டில் (கிரஸ்டில்) கிளர்ச்சியுண்டானபோதும், பூகம்பங்கள் ஏற்படலாம். மேலோட்டிலுள்ள இருக்கைவாய்ப்புகளில் (ஸ்ட்ரேடங்களில்) கிளர்ச்சி யேற்பட்டு அப்படலங்கள் ஒன்றுடனொன்று சருக்கிப் பிறழலாம். அவ்வாறு நேரிடும் போதும், பூகம்பம் ஏற்படலாம்.

உலகின் மேற்பரப்பின் கீழ் இரண்டு மைல்கள் ஆழம் வரை சைகதப் பாறைகள் (ஸெடிமண்டரி ராக்குகள்) உள்ளன. அவற்றின் கீழ் அக்னித் தணத்தல் (இக்னீயஸ்) பாறைகள் உள்ளன. திடப் பொருள்களைக் கொண்ட மேலோடு (கிரஸ்ட்) இருபது முதல் நாற்பது மைல்கள் ஆழம் வரை படிந்திருக்கலாம். அதன் கீழ் கனிப்பொருளுருக்குத் திரவம் உள்ளது. அதற்கு 'மாபிசைக்களபம்' (மக்மா) என்று பெயர். எரிமலை வாயினின்று கக்கப் படும் லாவா எனப்படுவது மக்மாப் பொருளே. அது மக்னீஷியம் இரும்பு ஸிலிகேட். உலகின் மையம் வரையும் 'மக்மா' இல்லை. மக்மாப் படலத் தின்கீழ் இரும்பும் நிக்கலும் உருகிய திரவப்பொருள் மிக்க அமுக்கத்திற்குட்பட்டவாறு உள்ளது.

ஒரு காலத்தில் நமது உலகம் நெருப்புக்கோள மாயிருந்தது. பிறகு வெளிப் பகுதி ஆறிவந்து குளிர்ந்தது. உட்பகுதி சூடாகவேயுள்ளது. ஆங்கு 'ரேடியோ ஆக்டிவ்'பொருள்கள் என்றவையுள்ளன. அவற்றின் கதிர்வீச்சையொட்டிய சக்தியும் உள் ளிடத்தைச் சூடாக்கப் பயன்படுகின்றது. மேலோட் டின் சூடு குறையக் குறைய உட்பகுதியினின்று சூடு வெளிப்படுகின்றது. அதனால் உட்பகுதியும் குளிர வேண்டும். ஆயினும் கதிர்வீச்சை யொட்டிய சூட்டை அது பெறுவதால், இழந்த சூடு சரிகட்டப் பட்டுவிடும். அக்கதிர்வீச்சுப் பொருள்களெல்லாம். கதிர்வீசி ஓய்ந்தபிறகே உட்பகுதியின் உக்கிரம் தணி யத்துவங்கும். அந்நிலைமை யேற்பட இருபது கோடி

ஆண்டுகளாவது செல்லும் எனக் கணக்கிடப் பட்டுள்ளது.

மேலோட்டின் (கிரஸ்டின்) மேற்பகுதி 'சைகதப் படிவு' (ஸெடிமண்டரி) பாறைகளாலானவை எனக் கூறியுள்ளோம். அவை, அக்னித்தணத்தல் (இக்னியஸ்) பாறைகளினூடே நீரறுத்துச் சென்றதாலும், பனிக்கட்டிகள் உறையும்போது விரிவதால் பாறைகள் பிளப்பதாலும் ஏற்பட்டவை. சிலவகை இயற்கை நிகழ்ச்சிகளை அளவிட்டதினின்று, இற்றைக்கு இருநூறுகோடி ஆண்டுகளுக்கு முன்பே சைகதப் பாறைகள் (ஸெடிமண்டரி ராக்குகள் படியத்துவங்கின என கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. அக்காலத்தே நமது உலகின் ஜீவித சரிதம் ஆரம்பமாயிற்று எனலாம். அப்புராதன காலத்தில் இற்றைக்கண்டங்களும் சமுத்திரங்களும் இப்போதுள்ள இடங்களிலேயே அமைந்திருக்கவில்லை. மேற்படலங்களில் பலவகை உப்புகள் அடர்ந்திருந்தன. உலகம் சற்று குளிர்ந்ததும், சூட்டையொட்டி பவனத்தில் ஆவி நிலைமையாகவே இருந்த நீராவியில் பெரும் பகுதி குளிர்ந்து நீராயிற்று. அடைமழை பெய்தது. அம்மழை நீர் மேற்புறப் படலத்திருந்த உப்புகளைக் கரைத்து அடித்துக்கொண்டு ஆறுகளாய் ஓடியது. உலகின் உட்பகுதி குளிராமல் மேற்பகுதி மட்டும் குளிர்ந்தமையின், அதன் மேலோடு மேடுபள்ளங்களாயிற்று. உப்புகளை அடித்துச் சென்ற மழைநீர் பள்ளங்களில் நிரம்பிற்று. அப்பெரும் உப்புநீர்த் தேக்கங்களே

சமுத்திரங்கள். மேடான பாகங்களே மலைகள். பவ்வத்தில் மல்கியிருந்த நீராவியில் பெரும்பகுதி மழையாய்ப் பொழிந்து தள்ளியபின் மழை ஓய்ந்தது. அதன் பிறகு தக்க பருவகாலங்களிலேயே மழை பெய்து வருகின்றது. மேற்படல உப்பெல்லாம் கடலைச் சேர்ந்தது. ஆறுகளில் உப்பில்லாத நீர் ஓடலாயிற்று. சென்ற நூற்றைம்பது ஆண்டுகளாய் உலகின் பலபாகங்களில் தோண்டியெடுக்கப்பட்ட புதைப் பொருள்களின் பான்மைகளைக் கொண்டும், வேறு பல விஞ்ஞானச் சான்றுகளைக் கொண்டும், உலக ஜீவிய சரித்திரத்தின் பலகாலப் பகுதிகள் எவ்வாறுனவை என நிர்ணயஞ்செய்யப்பட்டுள்ளது. இற்றைக்கு 200 கோடி ஆண்டுகள் முன்னிருந்து 100 கோடி ஆண்டுகள் வரையான காலம், ஆதிச்சிரம் (ஆர்கேயன்) காலம் எனப்படும். அக்காலத்து சைகத இருக்கை வாய்ப்புகள் (ஸெடிமண்டரி ஸ்ட்ரேடங்கள்) மணல் மாக்கல், களிமண், மக்மா கலப்பானவை. இற்றைக்கு 100 கோடி ஆண்டுகளுக்கு முன்பிருந்து 50 கோடி ஆண்டுகள் வரையான காலம் 'புரோடரோஜாயிக்' காலம் என்ப்படும். சைகத இருக்கைவாய்ப்புகள் (ஸெடிமண்டரி ஸ்ட்ரேடங்கள்) சுண்ணும்பு, காரை மண்ணுங் கட்டிக் கலப்பானவை. அவ்வாறே பலகாலப் பகுதிகளும் நிர்ணயிக்கப்பட்டுள்ளன. இற்றைக்கு இரண்டு கோடி ஆண்டுகளுக்கு முன் ஆரம்பமாகி நடந்தேறிவரும் காலப் பகுதி 'சதுரானியம்' (குவாடர்னரி) காலம் எனப்படுவது.

உலகின் எல்லாப் பாகங்களிலும் சைகதப் பாறைகள் (ஸெடிமண்டரி ராக்குகள்) கொண்டுள்ள பொருள்கள் ஒரேவாறானவை அல்ல. சில இடங்களில் அவற்றிடை, கனிப்பொருள்களும் உலோகங்களும் வங்காரங்களாய் (ஓர்களாய்) அமைந்துள்ளன. பூமியின் நிறை ஆறு கோடி கோடாறு கோடி டன்கள். அதன் செறிவு நீரினதை விட ஐந்தரை மடங்கு அதிகமானது. அதன் குறுக்களவு எண்ணாயிரம் மைல்கள்.

பூமி, தன் ஆயத்தைக்கொண்டு, ஒரு நாளுக்கொருதடவை சுழல்கின்றது எனவும், ஓராண்டில் சூரியனை ஒருதடவை சுற்றி வருகின்றது எனவும் எல்லாரும் அறிவர். அவ்வாறு சூரியனைச் சுற்றி வரும் கோளங்கள் பல உண்டு. அவை கிரகங்கள் (பிளானட்கள்) எனப்படுபவை. பூமியும் கிரகங்களிலொன்று. புராதன காலத்தில் சூரியனின்று தெறித்தெறியப்பட்ட பகுதிகளே 'கிரகங்களாய்' ஆகி, சூரியனை வட்டமிட்டுக்கொண்டுள்ளன எனக் கொள்ளப்பட்டுள்ளது. கிரகங்களும், அவற்றின் பாற்பட்ட உபகோளங்களும், சூரியனும் அமைந்துள்ள மண்டலம் 'சூரிய மண்டலம்' (ஸோலார் ஸிஸ்டம்) எனப்படும். அம்மண்டலத்திற்கு நடு நாயகமான சூரியனைபபற்றி அறியப்பட்டுள்ள முக்கியமான சில விஷயங்களைப்பற்றிக் கூறலாம்.

சூரியன் ஒரு 'நக்ஷத்திரம்' அம்பலத்தில் தம் சுய ஒளியுடன் பிரகாசிக்கும் குவவுகள் 'நக்ஷத்திரங்கள்'

எனப்படுபவை. பூமிக்கும் சூரியனுக்கும் இடையி லுள்ள தூரம் ஒன்பது கோடியே இருபத் தெட்டு லக்ஷ மைல்கள். சூரியனின் குறுக்களவு எட்டு லக்ஷத்து அறுபத்துநாலாயிரம் மைல்கள். சூரியனின் நிறை இரண்டு லக்ஷக்கோடி கோடானு கோடி டன்கள், அதன் செறிவு நீரினைகவிட ஒன் றரை மடங்கு அதிகமானது. சூரியன் மேற்பரப்பு வெந்தணல் ஜ்வாலையானது. அதன் வெப்பநிலை 6000°C ஆங்கு கடும்புயற்கள் அடித்துக்கொண்டே யுள்ளன. அவற்றின் கடுமைக்கு முன் நம்முலகத் துப் பெரும் சண்டமாருதங்களும் தென்றல் காற்றாய் தோன்றும். சூரிய மேற்பரப்பில் 'களங்கங்கள்' (ஸ்பாட்ஸ்கள்) என்ற பிரதேசங்கள் உள்ளன. அவை சற்று மங்கலானவை. அவற்றின் வெப்பநிலை 4000 C. இருக்கும் சூரியக் களங்கங்கள் பல வடிவுக ளானவை; பல அளவுகளானவை. பெரிய களங்க மொன்று பூமியைவிட இரண்டு, மூன்று மடங்கு பெரிதாயிருக்கும். அவை, பெரும்புயற்களின்மைய இடங்கள். அப்புயற்கள் பூமியில் அடிக்கும் கடும் சூறுவளியின்வேகத்தைவிட இரண்டாயிரம் மடங்கு அதிக வேகத்துடன் அடிப்பவை. சூரிய களங்கங் கள் ஜோடி, ஜோடியாகவே உள்ளன. அவை ஒன்றையொன்று நேர் எதிர்வாட்டங்களாய் சுற்றி வந்துகொண்டுள்ளன. சூரிய பரப்பினின்று, ஆங் காங்கு வெந்தணல் ஜ்வாலைகள் எழும்பியுள்ளன. அவை 'பகடேந்தல்கள்' (பிராமினன்ஸ்கள்) எனப் படுகின்றன. சூரிய பரப்பினின்று ஐந்துலக்ஷம் மைல் கள் உயரம்வரை, அவை எழுகின்றன. ஸெகண்டிற்கு

மூன்நூறு மைல்கள் வேகத்துடன் படர்ந்து செல்லுகின்றன. அவை அமுக்கம் குறைந்து விரிந்த ஹைடரஜன் வாயுவும், கால்ஷியம் வாயுவுமாம். சூரிய பகடேந்தல்கள் (பிராமினன்ஸ்கள்) சூரியப் பரப்பின் வெளிப்படலத்தினின்று எழுகின்றன. அவ் வெளிப்படலம் அரிதப் பிழம்பு (குரோமாஸ்பியர்) எனப்படும். அரிதப் பிழம்பிற்கு மேற்புறமாய் இரண்டு லக்ஷத்து ஐம்பதினாயிரம் மைல்கள் உயரம் வரை 'சூடிகைப் பிரபை' (கரோனு) என்ற ஜோதி வட்டம் உள்ளது. அது, சூரியனினின்று வெளிவீசி யெறியப்படும் மூலத்துகளின்மீது சூரிய ஒளிபட்டுச் சிதறடிக்கப்படுவதனுலான ஒளிப்பரப்பு. சூரிய கிரகணங்களின் பொழுது, அது தேஜோமயமான காட்சி யளிக்கும். சூரிய உட்களம் வாயுக்களையும் ஆவிக் களையுமே கொண்டது. அதற்கு 'சுப்பிரவயங்குப் பிழம்பு' (போடாஸ்பியர்) என்று பெயர். அதன் வெப்பநிலை நான்கு கோடி டிக்ரிகள் இருக்கும்.

நமது உலகை, முறையே, மாதமொருதடவை சுற்றிவரும் சந்திரனைக் கவனிக்கலாம். கிரகமொன் றைச் சுற்றிவரும் உபகோளமொன்று 'சேவற் பாலிகை' (ஸேடலைட்) எனப்படும். சந்திரன் பூமி யின் 'சேவற்பாலிகை' (ஸேடலைட்). அது பூமியி னின்று இரண்டு லக்ஷத்து நாற்பதினாயிரம் மைல்கள் தூரத்திலுள்ளது. அதன் குறுக்களவு இரண்டா யிரத்து இருநூறு மைல்கள். அதன் நிறை எழு லக்ஷத்து முப்பத்தையாயிரக் கோடானுகோடி டன் கள். அதன் செறிவு நீரினதைவிட மூன்றேகால்

மடங்கு அதிகமானது. சந்திரன் தன்னொளியற்றது. சூரிய வெளிச்சம் அதன்மீதுபட்டு பிரதிபலிக்கப் படுவதினாலேயே, சந்திரனைக் காண்கிறோம். சந்திர லோகத்தில் ஜந்துக்களாவது பயிர்களாவது இல்லை. அது காற்றுப் பவனம் அமைந்தது அல்ல. கற்பாறை களையும் மலைகளையும் தவிர வேறெதுவுமில்லாத பாலைவனம். அம்மலைகள் உயர்ந்தோங்கியவை. உச்சியில் விசித்திரமான கிடாரங்களைக் கொண்டவை. வெண்ணிறச் சாம்பல் பொருளால் அமைந்த நீண்ட பாதைகள் உள்ளன. சந்திரனில் நீரும் இல்லை; மழை பெய்வதும் இல்லை. முப்பதுகோடி ஆண்டுகளுக்குமுன் பூமியினின்று தெறித்தெறியப்பட்டு குளிர்ந்தபோதுள்ள நிலைமையிலேயே இன்றும் சந்திரன் உள்ளது. சந்திரன் காற்றும், நீரும், பசும் பயிரும், ஜீவஜந்துக்களுமில்லாத கல்படர்ந்த விண் கோள்.

பூமியைப் போன்றே சூரியனைச் சுற்றிவரும் மற்ற கிரகங்களைக் கவனிப்போம். சூரியனினின்று மூன்றுகோடியே அறுபது லக்ஷம் மைல்கள் தூரத்தில், புதன் (மர்குரி) கிரகம், அதை வட்டமிட்டுக் கொண்டுள்ளது. அதன் குறுக்களவு மூவாயிரம் மைல்கள். அது சூரியனை ஒருதடவை சுற்றிவர எண்பத்தெட்டு நாட்களாகும். அதன் நிறை முப்பதுலக்ஷக் கோடானுகோடி டன்கள்; செறிவு நீரினதைவிட ஐந்தேகால் மடங்கு. அதில் காற்றும் நீரும் இல்லை. சூரிய நடுவினின்று வெளிவாட்டமாய்ச் செல்வோமாயின், புதனுக்கு அடுத்ததாக

வரும் கிரகம் சுக்கிரன் (வீனஸ்) அது சூரியனி லிருந்து ஆறுகோடியே எழுபத்திரண்டு லக்ஷம் மைல் கள் தூரத்திலுள்ளது. அதன் குறுக்களவு ஏழாயிரத்து எழுநூறு மைல்கள்; நிறை, ஐந்து கோடிக் கோடானு கோடி டன்கள்; செறிவு நீரினைவிட ஐந்துமடங்கு அதிகமானது. இருநூற்று இருபத்து நான்கு நாட்களுக்கொருகடவை சூரியனைச் சுற்றி வருகின்றது அதன் மேற்பரப்பு வெண் மேகங்க ளால் மூடப்பட்டவாறே காணப்படுகின்றது. சுக்கிரனுக்கு அடுத்த கிரகம், செவ்வாய் (மார்ஸ்). அது சூரியனிலின்று பதினான்கு கோடியே பதினைந்து லக்ஷம் மைல்கள் தூரத்திலுள்ளது. அதன் குறுக் களவு நாலாயிரத்து இருநூறு மைல்கள். அதன் நிறை அறுபத்தேழுலக்ஷக் கோடானுகோடி டன்கள். அதன் செறிவு நீரைவிட ஐந்துமடங்கு அதிகமானது. அது சூரியனை ஒரு தடவை சுற்றிவர எண்பத்தேழு நாட்களாகும். அது காற்றையும் நீராவியையும் கொண்ட பவனமைந்தது. அதன் அமுக்கம் சொற் பவளவேயானது. செவ்வாயின் முகம் ஒருவகை இளங்காவி நிறமாய் காணப்படும். ஆயத்துப் பகுதி கள் வெண்ணிறமாயுள்ளன. வெண்ணிறப் பகுதியி னளவு ஓராண்டிற்குள்ளேயே வேறுபடுகின்றன. செவ்வாயின் மற்ற பகுதிகளில் நீலச் சாம்பல் நிற மும், காவி நிறமும், பசுமை நிறமும், ஆரஞ்சு நிற மும் ஆங்காங்கு காணப்படுகின்றன. அங்காரகனைச் சுற்றிவரும் சேவற் பாலிகையிகள் (ஸேடலைடுகள்) இரண்டு உண்டு. ஒன்று மற்றொன்றைவிடப் பதி னைந்து மடங்கு பெரிதானது. அடுத்ததாகவுள்ளவை

'சுக்கைச் சேத்துகள்' (ஆஸ்டிராயிடுகள்) எனப்படு பவை. அவ்வகைக் கோள்கள் ஆயிரத்திருநூறு காணப்பட்டுள்ளன. அவை எல்லாவற்றிற்குள்ளும் அதிக பெரிதானது 'ஸெரிஸ்' எனப்படுவது. அதன் குறுக்களவு ஐந்நூறு மைல்கள். ஐம்பது மைல்கள் வரை குறுக்களவு குறைந்தவை, மற்றவை. அவற்றில் பவனமும் நீரும் இல்லை. அவை செல்லும் பாதைகள் தக்கவாறு பல வாட்டங்களில் நீண்டு போகும் முட்டை வடிவக் கோடுகள். சுக்கைச்சேத்துகளை (ஆஸ்டிராயிட்களைக்) கடந்தபின் வியாழக் கிரகத்தை அடைவோம். வியாழன் சூரியனினின்று நாற்பத்தெட்டு கோடியே முப்பத்துமூன்று லக்ஷம் மைல்கள் தூரத்திலுள்ளது. அதன் குறுக்களவு தொண்ணூறாயிரம் மைல்கள். அதன் நிறை ஆயிரத்து தொளாயிரம் கோடி கோடானுகோடி டன்கள். அதன் செறிவு நீரினைவிட ஒன்றே காலே அரைக்கால் மடங்கு அதிகமானது. அதன் மேற்பரப்பு வெண்மேகமயமாய்த் தோன்றுகின்றது. அம்மேகங்கள் தனிதனிப் படலங்களாய் அமைந்தவாறு காணப்படுகின்றன. வியாழன் பவனமைந்தது. அதன் பவனம் அம்மோனியா வாயுவினாலும், மெதேன் வாயுவினாலும் ஆனது. அது சூரியனை ஒரு தடவை சுற்றிவர, பதினோரண்டு ஆண்டு-பத்து மாத காலம் ஆகின்றது. வியாழனைச் சுற்றிவரும் சேவற்பாலிகையிகள் (ஸேடலைடுகள்) ஒன்பது உள்ளன. நான்கு பெரிதானவை; மற்றவை சிறிதானவை. எல்லாவற்றிலும் பெரிதானது ஏறக்குறைய வியாழனின் அளவேயுள்ளது. வியாழனுக்கு

அடுத்தது சனிக்கிரகம். அது சூரியனினின்று எண்பத்தெட்டுகோடியே அறுபதுலக்ஷம்மைல்கள் தூரத்திலுள்ளது. அதன்குறுக்களவு எழுபத்துமூவாயிரம் மைல்கள். அதன் நிறை ஐந்நூற்றெழுபது கோடி கோடானுகோடி டன்கள். அதன் செறிவு நீரினதில் மூன்றிலிரண்டுபங்கேயானது. அது சூரியனை ஒரு தடவை சுற்றிவருவதற்கான காலம் இருபத்தொன்பதரை ஆண்டுகள். சனிக்கிரகத்தின் சிறப்பியல் அதைச் சூழ்ந்தவாறு காணப்படும் வட்டவளையங்கள். ஒரே தட்டையில் (பிளேனில்) வெவ்வேறு குறுக்களவான மூன்று வளையங்கள் உள்ளன. அவை பெரும் வட்டங்கள் ஒன்றின் குறுக்களவு பூமியினதைவிட இருபது மடங்கு அதிகமாயிருக்கும். அவ்வளையங்கள் திடப்பொருளால் அமைந்தவையன்று. அவை, ஊடுகாணியலானவை (டிரான்ஸ்பேரண்டானவை) அவை, பெருவாரியான சின்னஞ்சிறு சேவற்பாலிகையிகளின் (ஸேடலைடுகள்) மொய்கள் எனகொள்ளப்பட்டுள்ளது. சனிக் கிரகத்தைச் சுற்றிவரும் திட்டமான ஒன்பது சேவற்பாலிகையிகள் (ஸேடலைடுகள்) வேறு உள்ளன. அவற்றில் ஒன்று நமது சந்திரனைவிடப் பெரிது; மற்றவை சிறியவை. அடுத்தது யூரேனஸ் கிரகம். அது சூரியனின்று நூற்றெழுபத்தெட்டு கோடியே இருபத்தெட்டு லக்ஷம் மைல்கள் தூரத்திலுள்ளது. அதன் குறுக்களவு முப்பதினாயிரம் மைல்கள். அதன் நிறை தொண்ணூறு லக்ஷக் கோடி கோடானு கோடிடன்கள். அதன் செறிவு நீரினதைவிட ஒன்றேகாலேஅரைக்கால் மடங்கு அதிகம். அது ஒரு

தடவை சூரியனைச் சுற்றிவர எண்பத்து மூன்றே முக்கால் ஆண்டுகளாகும். அது தடித்த வெண் மேகப் போர்வையால் கவியப்பட்டுள்ளது. அது, நான்கு சேவற்பாலிகைகளை (ஸேடலைடுகளை) கொண் டது. அதற்கடுத்த கிரகம் நெப்டியூன். அது சூரி யனினின்று இருநூற்றெண்பது கோடி மைல்கள் தூரத்திலுள்ளது. அதன் குறுக்களவு முப்பத்தை யாயிரம் மைல்கள். அதன் நிறை கோடிக் கோடானுகோடி டன்கள். அதன் செறிவு நீரினதை விட ஒன்றேகால் மடங்கு அதிகம். அது வெண் மேகப் போர்வையைக் கொண்டது. அதற்கடுத்த கிரகம் புளூடோ. அது சூரியனினின்று முந்நூற் றறுபது கோடி மைல்கள் தூரத்திலுள்ளது. அதைப் பற்றி வேறு எவ்விஷயமும் அறியப்படவில்லை.

சூரிய மண்டலத்தின் பாற்பட்ட மற்றவகை விண் கொள்ளிகள் 'தூமகேதுக்கள்' எனப்படும் வால் நக்ஷத்திரங்களும், 'உற்கைகள்' எனப்படும் விண்வீழ்க் கொள்ளிகளுமேயாம். பெரிய தூம கேதுக்கள் பிரசித்தமானவை. சிறு தூமகேதுக்கள் பலவும் தோன்றுகின்றன. முட்டை வடிமான கோள கைகளில் (ஆர்பிட்களில்) அவை சூரியனைச் சுற்றி வருகின்றன. தூமகேதுக்கள் அதிக அளவினவை யாயினும் செறிவு குறைந்தவை. தூமகேது ஒன்றின் தலைப்பகுதியில் சின்னஞ்சிறு உற்கைகள் இடை வெளிப்பட்டவாறு உள்ளன. இடைவெளியில் பல வாயுக்கள் பரவியுள்ளன. அவ்வாயுக்களின் அழுக் கம் மிகக் குறைவாயிருக்கும் தூமகேதுவின் ஒளி

அவ்வாயுக்களினூடே மின்சார வீட்டம் (எலக்ட்ரிக் டிஸ்சார்ஜ்) ஏற்படுவதையொட்டி ஏற்படுவது. தூமகேதுவின் வால் நன்கு நுணுக்கித் தூளாக்கப் பட்ட பொடிகள் போன்றவற்றால் நிரம்பியுள்ளது. உற்கைகள், பவனத்துக்கப்பலாலுள்ள வெளியிடங் களினின்று வரும் கற்கள். அவை, அதிவேகமாய் விழுகின்றமையின் பவனக் காற்றுடன் உராசும் போது அதிச்சூடாகி எரிந்து போகின்றன. சாதாரணமாக நிலமட்டத்திலிருந்து எண்பது மைல்களுக்கு மேல் அவை அவ்வாறு தீந்துபோகின்றன. சிலமட்டும் எரிந்து மறையாது நிலத்தில் விழுகின்றன. அவை சிதைவுற்ற தூமகேது பகுதிகள் என எண்ணப்படுகின்றது

நமது சூரியமண்டலத்தைப்போன்ற பல சூரிய மண்டலங்கள் விண்ணில் உள்ளன, அம்மண்டலங்கள் ஒவ்வொன்றுக்கும், முறையே, நடு நாயகங்களாயுள்ளவை நக்ஷத்திரங்கள். ஒவ்வொரு நக்ஷத்திரமும் முறையே, நமது சூரியனைப்போன்ற மற்ற சூரியர்களே. பல்கோடானுகோடி மைல்கள் தூரத்திலுள்ள நிலையே அவை சிறிதாய்க் காணப் படுகின்றன. அவற்றில் பல, நமது சூரியனைவிடப் பன்மடங்கு பெரிதானவை. சூரியன் ஒரு 'சிறு' நக்ஷத்திரம். நமது சூரியமண்டலத்தையும் இன்னும் பல நக்ஷத்திர மண்டலங்களையுங் கொண்ட தொகுதிக்கு 'யால்புரையைத்தாரை' (மில்கிவேயை)த் தவிர வேறுபல நக்ஷத்திர மண்டலங்களைக் கொண்ட தொகுதிக்கு 'விசதவுடுக்கோட்டம்' (காலாக்ஸி) என்று பெயர்.

நேரே கண்ணால் காணக்கூடிய நக்ஷத்திரங்களின் தொகை மூவாயிரமே. டெலஸ்கோப்பைக் கொண்டு பல்கோடி நக்ஷத்திரங்களைக் காணலாம். நக்ஷத்திர தூரங்கள் மிக அதிகமாயுள்ளமையின், அத்தூரங்கள் 'ஒளியாண்டுகள்' என்ற பரிமாணத்தால் குறிப்பிடப்படுகின்றன. அது ஒரு ஆண்டில் ஒளி செல்லும் தூரத்தை அளவிடுவது அது ஆறு லக்ஷக் கோடி மைல்கள் அளவாகும். மற்ற எல்லா நக்ஷத்திரங்களைவிட அதிகமாய் நம்முலகினருகிலுள்ள 'பிராக்ஸிமா ஸெண்டாரி' எனப்படுவது, 4·2 ஒளியாண்டுகளுக்குப் பாலுள்ளது 22 கோடி ஒளியாண்டுகளுக்குப் பாலுள்ள நக்ஷத்திரங்களும் காணப்பட்டுள்ளன.

நக்ஷத்திரங்களினின்று வந்து சேர்பவை அவற்றின் ஒளிகள். எனவே, அவ்வொளிகளையொட்டிய வாறே நக்ஷத்திரங்கள் பாற்பட்ட விஷயங்களை திட்டமாய் அறியலாம். நுட்பமான ஸ்பெக்ட்ரோகிராப்களைக்கொண்டு, முறையே, பல நக்ஷத்திர ஒளிகள் பாற்பட்ட வண்ணச்சிவணல்கள் (ஸ்பெக்ட்ரங்கள்) போட்டோ எடுக்கப்பட்டுள்ளன. மூன்று லக்ஷம் நக்ஷத்திரங்களை யொட்டிய விஷயங்கள் அவ்வழியே அறியப்பட்டுள்ளன. அவற்றைக்கொண்டு எல்லா நக்ஷத்திரங்களும் ஏழு தினுசினவை என வகையீடு செய்யப்பட்டுள்ளன.

நக்ஷத்திரமொன்றின் வாழ்க்கை வரலாற்றைக் கூறலாம். நக்ஷத்திரமொன்று முதன் முதலாய்த்

தோன்றும்போது பெரிதாயிருக்கும். அதில் அமுக்கம் குறைந்த வாயுக்களே யிருக்கும். அதன் வெப்ப நிலை அதிகமாயிருக்காது; அதன் ஒளி செந்நிறமாயிருக்கும். அந்நிலைமை செவ்வசுர (டெர்ஜயண்ட்) நக்ஷத்திர நிலைமை எனப்படுகின்றது. காலக்கிரமத்தில் அவ்வாயுக்களின் அமுக்கம் அதிகமாகின்றது. நக்ஷத்திரத்தின் அளவு சற்று குறைகின்றது. வெப்ப நிலை அதிகமாகின்றது. வெண்ணொளியுடன் பிரகாசிக்கின்றது. அந்நிலைமையில் அது வெண்ணசுர (வைட்ஜயண்ட்) நிலைமையினது எனப்படும். காலப்போக்கில் அதனின்று வெளிப்படும் ஒளிச்சக்தியினளவு குறையும். அதன் வெப்பநிலை அதிகமாகவே இருக்கும். பருமன் மிகக் குன்றி செறிவு மிக அதிகமாகும். அது 'வெண்குள்ள' வைட்வார்பு) நிலைமையினது எனப்படும். அதன்பின் விருத்தாப்பியம் துவங்குகின்றது. அதன் ஒளி மங்கிவருகின்றது; வெப்ப நிலையும் குறைகின்றது. அது செந்நிறமாகின்றது. 'செங்குள்ள' நக்ஷத்திரமாகின்றது. பிறகு செவ்வொளியுமின்றி கருங்குள்ள நக்ஷத்திரமாகி, முற்றும் குளிர்ந்து மறைகின்றது. ஒவ்வொரு நிலைமையிலும், முறையே பல்கோடானுகோடி ஆண்டுகள் இருக்கும்.

ஒரோரமயம் மங்கலான சிறு நக்ஷத்திரமொன்றின் ஒளி வரவர அதிகமாய்க் கொண்டு வருகின்றது. அது முன்பிருந்ததைவிட பதினாயிரம் முதல் கோடி மடங்குவரை அதிக பிரகாசமாயாகின்றது. இரண்டு நாட்கள் முதல் இருபது நாட்கள் வரை

ஒளியின் பிரகாசம் அதிகரித்துவந்து அம்மடங்கா யாகின்றது. உச்ச மெய்தியபின் பிரகாசம் குன்றி வருகின்றது. சிலமாத காலத்தில் மீண்டும் மங்கலா கின்றது. ஆயினும் முன்போல் அவ்வளவு மங்க லாவதில்லை. அவை 'நோவியாக்கள்' எனப்படுகின் றன. அதன் ஒளி அதிகரித்து வரும்போது அளவும் அதிகரிக்கின்றது.

விண்ணில் மங்கலான வெண் மேகங்கள் போன்று படர்ந்துள்ள விண் குவவுகளை (ஹெவன்லீ பாடிகளை)க் காண்கிறோம். அவை நரைக்குய்கள் (நெப்யூலாக்கள்) எனப்படுகின்றன. அவற்றில் மூவகைகள் உண்டு. அவை, மங்குல் நரைக்குய்கள் (டார்க் நெப்யூலாக்கள்) விரவல் நரைக்குய்கள் (டிப்யூஸ் நெப்யூலாக்கள்), கிகிரி நரைக்குய்கள் (பிளானிடரி நெப்யூலாக்கள்) எனப்படுபவை. முத விரண்டுவகையினவும் நொய்த்தூள் குவியல்களே யன்றி நக்ஷத்திரக்கும்பல்களன்று. மூன்றாவது வகை யினவை நக்ஷத்திர திரள்களும் அவற்றைச் சூழ்ந் துள்ள வாயுக்கவிகைகளும்.

விண்மீன்களை யொட்டி யறியப்பட்ட விஷயங் கள், அறிவு வளர்ச்சி வகையினவையேயன்றி, செயல் முறையில் பயன்படும் வழியே சென்றவையல்ல. ஆயி னும் அவ்வாராய்ச்சிகளுக்கென கட்டப்பட்ட கருவி களை நுட்பமாய் அமைக்கும் வழியே செயல் முறை அறிவும் பெருக்கமடைந்துள்ளது.

XI

பிராணிகள்

நம்முலகில் எண்ணற்ற ஜீவராசிகள் உள்ளன. அவை முறையே, பல இனங்களின் (ஸ்பீஷிஸ்களின்) பாற்பட்டவை. மக்களினம் என்பது ஒன்று; யானையினம் என்பது மற்ருென்று; கொசுவினம் என்பது இன்னென்று. அவ்வாறே லக்ஷக்கணக்கான இனங்கள் (ஸ்பீஷிஸ்கள்) உண்டு. இவ்வுலகில் முறையே வேற்றுமையான இனங்களின் தொகை இரண்டு லக்ஷத்து எழுபதினுயிரம். அவற்றைப் பற்றி நன்முறையில் அறியவேண்டுவதற்கென அவற்றினியல்களையொட்டித் தக்கவாறு வகையீடு செய்யப்பட்டுள்ளன. மிகப் பொதுவானவாறு முதுகெலும்புடையவை யெனவும், முதுகெலும்பில்லாதவை யெனவும் வகையீடு செய்யப்பட்டுள்ளன. முதுகெலும்புடன் கூடிய ஜந்துவினங்கள் இருபத்தையாயிரம் இவ்வுலகில் உள்ளன. முதுகெலும்பில்லாத இனங்கள் இரண்டு லக்ஷத்து ஐம்பதினுயிரம் உள்ளன. முதுகெலும்புள்ளவை, கிளைக்கோட்டிகள் (பைலங்கள்) என்ற பெயரின முக்கிய தொகுப்புக்களில் ஒன்றின்பாற் பட்டவை யெனவும், முதுகெலும்பில்லாதவை, அவ்வாருன கிளைக்கோட்டிகள் (பைலங்கள்) பதினெட்டின்பாற் பட்டவை யெனவும் வகையீடு செய்யப்பட்டுள்ளன. முக்கியமான பத்து கிளைக்கோட்டிகள் (பைலங்கள்) பின்வருமாறும்.

1. அடியுயிர் (புரோடஜோவா) உ-ம் மலேரியா ஒட்டுணி (பாரஸைட)
2. இடுக்கியலுயிர் (போரிபரா) ,, கடற்பஞ்சு
3. புரையிட்டிகையுயிர் (ஸீலண்டிரேடா) ,, சொறிமீன் (ஜெல்லிபிஷ்)
4. தட்டைக்குணுவுயிர்(பிளாடிஹெல்மிந்தா) நாடாப்புழு (டேப்வர்ம்)
5. நுவணைக்கூடுவுயிர் (நெமடோடா) ,, கீரைப்பாம்பு(ரௌண்ட்வர்ம்)
6. ஆழிப்புல்லுயிர் (அன்னிலிடா) ,, நாங்கூழ்ப்பூச்சி (எர்த்வர்ம்)
7. மூட்டுக்கழலுயிர் (ஆர்த்ரபோடா) ,, தேள்
8. மென்பூட்சியுயிர் (மொலஸ்கா) ,, நத்தை
9. கண்டகப்புரணியுயிர்(எக்கைனோடர்மேடா) பலப்பப்பூச்சி
10. தண்டுடையுயிர் (கார்டேடா) ,, முதலை

பைலங்கள் ஒவ்வொன்றும், முறையே வகுப்புகள் (கிளாஸ்கள்) என்ற உட்பிரிவினை வகையினவை. தண்டுடையுயிர் (கார்டேடா) என்ற பைலத்தில், மச்சங்கள், அம்புலிவதிகள் (ஆம்பிபியன்கள்), ஊர்வன, பறவைகள், அம்மலியல்மாக்கள் (மம்மேலியாக்கள்) என்ற வகுப்புகள் (கிளாஸ்கள்) அடங்கியுள்ளன. அவ்வாறே மற்ற பைலங்களிலும் வகுப்புகள் (கிளாஸ்கள்) உண்டு. கிளாஸ்கள் ஒவ்வொன்றும், முறையே குலங்கள் (ஆர்டர்கள்) என்ற உட்பிரிவினைகளைக் கொண்டவை. ஆர்டர்கள் ஒவ்வொன்றும் முறையே கொடிவழிமரபு (பாமிலிகள்) என்ற உட்பிரிவினைகளைக் கொண்டவை. ஒரு பாமிலியையொட்டி பலவழிகளில் வழித்தோன்றங்கள் ஏற்பட்டிருக்கலாம். அவ்வழிகள் 'சுற்றங்கள்' (ஜீனஸ்கள்) எனப்படுகின்றன. ஒரு ஜீனஸான இனங்கள் பல இருக்கலாம். அவ்வகையீடு முறையையொட்டி ஒவ்வொரு இனமும் முறையே, இரு சொல்லினை இடுகுறிப் பெயரால் சுட்டப்படும். முதலிலுள்ள சொல், அவ்வினம் எச்சுற்றத்தின் (ஜீனஸின்) பாற்பட்டது என்பதைக் குறிப்பிடும். இரண்டாவது, இனத்தின் பெயரைச் சுட்டுவதாயிருக்கும். 'சிங்கம்' என்ற இனம் 'பீலீஸ்லீயோ' எனப்படும். 'பீலீஸ்' ஜீனஸைச்சுட்டும். 'லீயோ, இனத்தைச் சுட்டும். சிங்கம், புலி என்றவையும், இன்னும் பலவும் 'பெலிடே' என்ற பாமிலிபாற்பட்டவை. 'பெலிடே' பாமிலியும், நாய், நரி, ஓநாய் இன்னோரன்ன இனங்கள் அடங்கிய 'கானிடே' பாமிலியும், இன்னும் பலவும்

'கார்னிவோரா' என்ற ஆர்டர்பாற் பட்டவை. 'கார்னிவோராவும்' இன்னும் பல ஆர்டர்களும் 'அம்மலியல்மா' ('மம்மேலியா') என்ற கிளாஸின்பாற் பட்டவை. மனித இனம் 'ஹோமோ ஸாபியன்ஸ்' எனப்படும். ஜீனஸ்-ஹோமோ; பாமிலி-பிரைமேட்; ஆர்டர் அங்குலேட்; கிளாஸ் மம்மேலியா; பைலம்-கார்டேடா.

மேற்கூறப்பட்ட வகையீடு முறை, பரிணமக் கொள்கையை (எவல்யூஷன் தியரியை) யொட்டி ஏற்பட்டது. முறையே வேற்றுமையான இனங்கள், வெவ்வேறினங்களானவாறே ஒரு காலத்தில் படைக்கப்பட்டு, முறையே அவ்வவ்வினங்களாகவே பாரம்பரியமாய் வந்துள்ளவை அல்ல எனவும், மிகப் புராதன காலத்தில் தோன்றின ஆதியின மொன்றினின்றே பலவகைகளில் சிறத்துமாறிப் பலவினங்களாகப் பரிணமித்தவை எனவும் அக்கொள்கை விளக்குகின்றது. ஒரே ஜீனஸின் பாற்பட்ட இனங்கள் பலவியல்களில் அதிகமாய் ஒத்தவையாய் உள்ளவை. ஒரு பாமிலியின் பாற்பட்டவற்றினிடையும் ஒத்தவியல்கள் உள்ளன. ஒரு ஆர்டரின் பாற்பட்டவையும் பல ஒத்த வியல்களைக் கொண்டவை. ஒரு பைலத்தின்பாற்பட்டவற்றிற்குப் பொதுவான இயல்கள் சிலவும் உண்டு. பைலத்திற்குப் பைலமும் முறையே, பொதுவான சில தன்மைகளையும் காணலாம்.

இற்றை மக்கள் 'ஹோமோஸாபியன்ஸ்' என்ற இனத்தினவர் எனக் கூறியுள்ளோம். அவர்களும்

மிகப்பண்டைக்காலத்தில் வாழ்ந்து வந்த 'ஹோமோ ரோடீஷியன்ஸிஸ்' 'ஹோமோ ஹிடல்பெர்கன்ஸிஸ்' இன்னோரன்னவரும் ஒரே ஜீனஸின் பாற்பட்டவர். அவ்வினங்கள் பலவற்றினது உடலமைப்பு இலக்ஷணங்கள் இக்காலத்தினவரினதுடன் மிகவும் ஒத்திருந்தன. மூளையினளவு, தாடைகளினளவு, இன்னோரன்ன இயல்களிலேயே வேற்றுமை யிருந்தது. எல்லா மனித வினங்களுக்கும் பொதுவான மூதாதை மனிதவினம் ஒன்றிருந்தது எனக் கொள்ளப்பட்டுள்ளது. 'ஹோமோ' ஜீனஸான வையும், சிம்பான்ஜி, கொரில்லா, ஒரங்கு, அவுடாங்கு இன்னோரன்ன வாலில்லாக் குரங்குகளும் 'பிரைமேட்' என்ற பாமிலியினவை அவ் வாலில்லாக் குரங்குகளின் உடலமைப்பு இலக்ஷணங்கள் பல மனித இனத்தினதை ஒத்துள்ளன. உடலமைப்புப்பரிச்சேதம் (அனடாமிகல் டிஸக்ஷன்) செய்து அறிந்தவற்றைக் கொண்டு, மனிதனுக்கும் சிம்பான்ஜிக்கும் பொதுவான இலக்ஷணங்கள் தொண்ணூற்றெட்டுள்ளனவெனவும், கொரில்லாவுடன் பொதுவானவை எண்பத்தேழு எனவும், கிப்பனுடன் பொதுவானவை எண்பத்து நான்கு எனவும், ஒரங்குடன் பொதுவானவை ஐம்பத்தாறு எனவும் காணப்பட்டுள்ளது. மனித இனம் 'அங்குலேட் என்ற ஆர்டர்' பாற்பட்டது எனக் கூறினோம். குதிரை, யானை இன்னோரன்னவையும் அங்குலேட்களே. அவையெல்லாம் குளம்புகள் என்ற விரல் போன்ற அமைப்புகளைக் கொண்டவை. எலும் பமைப்பு முதலான வகைகளிலும் பிரைமேட்டுகளை

ஒத்தவை. மனித இனம் 'மம்மேலியா' என்ற வகுப்பைச் (கிளாஸை) சேர்ந்தது. அவ்வகுப்பி னவை (கிளாஸினவை) பொதுவான பல இயல்க ளுடனுள்ளவை. அவற்றைக்கவனிக்கலாம். அவை யெல்லாம் சற்று வெப்பமான இரத்தத்தைக் கொண்டவை. உரோமத்தால் போர்க்கப் பட்டவை; குட்டிப் போட்டு பால் கொடுப்பவை. அவற்றின் எலும்பமைக் கங்காளங்கள் (ஸ்கெலிடன் கள்) பலவகைகளில் ஒத்துள்ளன, காலெலும்புகள் - தொடை எலும்புகள் - இடுப்பெலும்புகள் - மார் பெலும்புகள் - முதுகெலும்புகள் - தாடை எலும்பு கள் - மண்டையோட்டு யெலும்புகள் என்ற வற்றை அவை முறையே கொண்டுள்ளவை மூளை யைத் தவிர மற்ற நரம்பு மண்டலப் பகுதிகள் எல்லா மம்மேலியாக்களிலும் பொதுவாக ஒரேவாறு உள்ளன. மூளை வளர்ச்சியும் பொறிவுணர்த் திறனும் இனத்திற்கு இனம் வேறுபட்டுள்ளன. ஜீரண உறுப்புக்களின் தினுசு எல்லா மம்மேலியாக் களிலும் ஓரேவாறுள்ளது. அவற்றின் பகுதிகள் ஜீரணிக்கப்படவேண்டிய உணவின் பான்மையைப் பொறுத்தவாறு தக்கபடியான வேறுபாடுகளுடன் அமைந்திருப்பன. மம்மேலியாக்கள் எல்லாவற்றினது இரத்தவோட்ட மண்டலமும் (ஸர்குலேடரி ஸிஸ்ட மும்), மூச்சு முறையும் (ரெஸ்பிரேடரி ஸிஸ்டமும்), கழிவு நீக்கு முறையும் (எக்ஸ்கிரீடரி ஸிஸ்டமும்), இனப்பெருக்கம் செய்யும் முறையும் (ரீப்ரொடக்டரி ஸிஸ்டமும்) ஒரே மாதிரியானவை.

கார்டேட்டா என்ற பைலத்தின் பாற்பட்ட மற்றொரு வகுப்பினவை பறவைகள். அவற்றின் உடற்காரியங்கள், மம்மேலியாக்களில் நடைபெறும் முறையை யொத்த வகையை யொட்டியே நடந்தேறுகின்றன. பறவையின் உடலமைப்பு மம்மேலியாக்களினதனின்று பலவழிகளில் வேறுபட்ட வகையினது. எல்லாப் பறவைகளும் சிறகுகளைக் கொண்டவை. அவற்றின் இறக்கைகள் மம்மேலியாக்களின் முன் கால்களுக்கு ஈடானவை. பறவைகள் அலகு மூக்குகளை (பீக்குகளை)க் கொண்டவை. அவை முட்டையிட்டுக் குஞ்சு பொரிப்பவை. பறவைகளின் சிறப்பு அவற்றின் பறக்கும் திறனே. பறவையின் உடலமைப்பு பறப்பதற்கேற்றவாறு உள்ளது. பறப்பதற்கென சிறகுகளைத் துரிதமாய் அடித்துக்கொண்டிருக்கும்போது, அவை அதிகமாய் வேலை செய்கின்றன. அவ்வேலைக்கான சக்தி விரைவாய் உண்டாக்கப்படுதற்கென அவற்றின் உடல் வெப்ப நிலை அதிகமாயுள்ளது. அவை அதிக உணவையும் புசிக்கின்றன. பறவைகளின் எலும்புகள் லேசானவை; எலும்புக்கூடிடத்தில் காற்றுப் பைகள் உள்ளன. இறக்கைகளை ஆட்டுவதற்கான மார்பு வைப்புத் தசைகள் திருத்தமாய் வளர்ச்சி அடைந்தவை. பறவை மூளையில் ஒருங்கிசையச் செய்யும் (கோவார்டினேட் செய்யும்) பகுதியே விசாலமாயுள்ளது. பறவைகளின் ஜீரண முறை மம்மேலியாக்களினதை ஒத்தது அல்ல. அவை தம் உணவை மென்று தின்பதில்லை. அப்படியே விழுங்கிவிடுகின்றவை. விழுங்கப்பட்ட உணவு சேமித்து வைக்கப்படுவதற்கென

அவற்றின் இரைக் குழாயில் 'கிறிவயின்' (கிராப்) என்றடை உள்ளது. வயிற்றில் அரைமோடு (கிஜ்ஜர்ட்) என்ற அமைப்பு உள்ளது உணவுடன் விழுங்கப்படும் பருக்கைக் கற்களால் உணவு அரை படுமாறு அவ்வமைப்பு செய்யும். பறவைக்கு 'பிளாட்டர்' இல்லை. உடலில் ஏற்படும் திரவக் கழிவுகளும், குதத்தின்வழியே வெளிப்படும். பறவை களின் எச்சங்கள் நிலத்திற்கு நல்ல எருக்களாம். பறவைகளின் கண்கள் கூர்மையானவை. மற்ற உணர்ப் பொறிகள் திறனுளவை யன்று.

முதுகெலும்புள்ள பிராணிகளில் மூன்றும் வகுப்பினவை ஊர்வன; முதலைகள், பாம்புகள் பல்லிகள், ஆமைகள் முதலியவை ஊர்வனவினங்கள் ஊர்வனவானதோன்றின் எலும்பமைப்பு முறை பொதுவாய் மம்மேலியாக்களினதையும் பறவைகளி னதையும் ஒத்துள்ளது எனலாம். அதன் இடுப்புப் பகுதியும்; தோள்பட்டைப் பகுதியும் பலவீன மானவை. எனவே அவை நடந்துசெல்லாது, ஊர்ந்து செல்கின்றவை. ஸ்வாஸ முறை. மம்மேலியாக்களி னதையும் பறவைகளினதையும் ஒத்தது. உடல் வெப்ப நிலை குறைந்திருக்கும். ஊர்வனவற்றின் இரு தயங்களில் முறையே மூன்றே அறைகள் உள்ளன அவற்றின் மேற்றோல்கள் செதிள்கள்படிந்தவை. ஊர்வன முட்டையிட்டுக் குஞ்சு பொரிப்பவை. அவற்றின் செம்மல் மூளைகள் சிறிதானவை; கண் பார்வை நன்றாயுள்ளவை; மோப்பத்திறன்மிக்கவை; சற்று சுவையுணர்ச்சியுடனுள்ளவை; கேள்வி யுணர்ச்சி குறைந்தவை.

நீரிலும் நிலத்திலும் வாழும் அம்புவிவதிகள் (ஆம்பியன்கள்) கார்டேடா பைலத்தின் பாற்பட்ட மற்றொரு வகுப்பினவை. அவை முதுகெலும்புப் பிராணிகளுக்குப் பொதுவான எலும்பமைப்பானவை. ஆயினும் உடலமைப்புநுட்பங்களில் ஊர்வனவற்றைவிடக் கீழ்த்தரமானவையே. தவளைகள், தேரைகள் இன்னோரன்னவை அம்புவிவதிகள் (ஆம்பிபியன்கள்). ஆம்பிபியனின் தோல் மெல்லிது; ஈரப்தனுடையது, செதிள்களோ உரோமமோ இல்லாதது அது தன் தோலின் வழியே மூச்சுவிட இயலும். ஆம்பிபியன்கள் நீரில் தம் முட்டைகளை மிதக்கவிடுகின்றன. அம் முட்டைகளுக்கு கெட்டியான மேலோடுகள் இல்லை. அம்முட்டைகளிலின்று வெளிப்படும் குஞ்சுகள், முழு வளர்ச்சியான ஆம்பிபியனைப்போன்றிருக்கா. அவை வேறே வகையான ஜந்துக்கள்போன்றிருப்பன. அவை, 'விரூபமழவுகள்' (லார்வாக்கள்) எனப்படுகின்றன. தவளையின் விரூபமழவுக்கு (லார்வாக்கு) கூலமரை (டாட்பூல்) என்று பெயர். அதற்கு வாலுண்டு. அதன் மூச்சுமுறை வளர்ந்த தவளையினதைப் போன்றதல்ல. மீன்களைப்போல செவுள்கள் (கில்கள்) வழியே மூச்சுவிடுவது. தக்க பருவமானபின் செவுள்கள் உதிர்ந்து நுரையீரல் ஏற்படுகின்றது. வால் மறைகின்றது; வளர்ந்த தவளையாகின்றது. 'லார்வா'க்களாயிருந்து பிறகு வேறேவாறான வளர்ந்த ஜந்துக்களாய் ஆகும் முறை பல இனங்களில் உள்ளது. ஆம்பிபியனின் நுரையீரல் ஒரேயொரு பையினால் மட்டும் ஆனது; இருதயத்தில் மூன்றே அறைகள்

உண்டு. அதன் மூளை கீழ்த்தரமானது. அது கூர்மையான கண்களைக்கொண்டது; சற்று ஒலியுணர்ச்சியையும் கொண்டது.

மச்சங்கள் என்ற கார்டேட்டாக்கள் ஆம்பிபியன்களுக்கும் முற்பட்ட காலத்தில் பரிணமித்தவை. மச்ச அவயவங்கள் துடுப்புகள் (பின்கள்). மச்ச எலும்பமைப்புமுறை மற்ற கார்டேடா வகுப்புகளினவற்றினின்று பல வகைகளில் வேறுபட்டது. ஆயினும், முதுகெலும்பமைப்பு முறையும், மார் பெலும்பு பொருத்த முறையும் மற்றவற்றினதை ஒருவாறு ஒத்துள்ளன. மச்ச இரத்தம் குளிர்ந்துள்ளது. 'செவுள்கள்' (கில்கள்) என்ற சீப்பு போன்ற அமைப்புகளால் காற்றூட்டம் (ஏரேட்) ஆகின்றது. மச்சங்களின் ஜீரண முறை பொதுவாய் மற்ற முதுகெலும்புப் பிராணிகளினதை ஒத்தது. மீனின் செம்மல் மூளை சிறிது. அதன் சிறு வரை மூளை (ஸெரிபெல்லம்) செம்மையானது. சமச்சீர் நிலைப்பை (பேலன்ஸை) உணர்தல் நீச்சுப்பிராணிக்கு இன்றியமையாதது. மீன்களின் உணர்த்திறன் சுமாராகவே உள்ளது.

கார்டேடா பைலத்திற்கு அடுத்தபடியாக முக்கியமான பைலம், மூட்டுக்கழலுயிர் (ஆர்த்ரோபோடா) எனப்படுவது. அப்பைலத்தின் பாற்பட்ட முக்கிய வகுப்புகள் (கிளாஸ்கள்) நண்டுகள், இருக்கள் இன்னோரன்ன கரடான்கள் (கிரஸ்டேஷியன்கள்), ஆறுகால் பூச்சிகள் (ஹெக்ஸோபோடா), எண்கால் பூச்சிகள் (அராக்னிடா), ஆயிரக்கால் பூச்சிகள்

(மிரியபோடா) என்பவை. ஆர்த்ரேபோடா வைலத் துப்பிராணிகள் எலும்புகளில்லாதவை. அவை யெல்லாம் தக்கவாறான மூட்டுப் பொருந்தல்களை (அப்பண்டேஜ்களை)க் கொண்டவை. ஆர்த்ரோ போடாக்கள் சட்டையுரி (கைடின்) என்ற கரடுப் பொருளாய பேலோட்டைக் கொண்டவை. பொருந் தல்கள் (அப்பண்டேஜ்கள்) அதனுடன் தக்கவாறான இயக்கத்தசைகள் வழியே பொருத்தப்பட்டவை. பொருந்தல்களில் சில 'ஆண்டினாக்கள்' என்ற உணர் உறுப்புகளாயும், சில தாடைகளைப்போலவும், சில கால்களைப்போலவும் உபயோகிக்கப்படுபவை. உடல் முழுதும் செல்லும் நரம்புத்தண்டு உள்ளது. அதில் ஆங்காங்கு நரம்பு முடிச்சுகள் (காங்கிளியன் கள்) உண்டு. சற்று பெரிதான முடிச்சு (காங்கிளி யன்) ஒன்றே. 'மூளை', எல்லா நரம்பு முடிச்சுகளும் தொடர்பாயுள்ளமையின் 'ஒருங்கிசைப்பும்' (கோவார்டினேஷனும்), நரம்பு முடிச்சுகளை யொட்டிய 'தண்டுப் பிரதிபலிப்பும்' (ஸ்பைனல் ரிப்ளக்ஸும்) இருக்கும். கண் பல்லாயிரக்கணக் கான சிறு பகுதிப் பட்டைகளை (பேஸ்டகளை)க் கொண்டது. 'ரெடீனா' போன்ற பகுதிகள் கிடை யாது. இருதயம் ஒரே அறையைக் கொண்டது. அதில் உள் விடு வால்வுகள் உண்டு; வெளி போகு வால்வுகள் இல்லை. ஒருவகை செவுள் பொந்துகள் (கில்ஸ்லிட்கள்) வழியேயாவது, காற்றுக் குழாய்கள் (டிராகியாக்கள்) வழியேயாயினும் மூச்சு விடுபவை; நுரையீரல்கள் இல்லை. கிஜ்ஜர்டு, கிராப்பு, குடல், ஜீரணக்கிரந்தி என்ற ஜீரணப் பகுதிகள் உண்டு.

கார்டேடா பைலத்தின் பாற்பட்ட, ஹெக்ஸோ போடா வகுப்பினவான பூச்சியினங்கள்பல, சமுதாய வாழ்க்கை முறைகளை அனுசரித்து வாழ்கின்றவை தேள், சிலந்தி முதலான எண்காற் பூச்சிகள் (அரக்னீடாக்கள்), தம்மினத்தனவற்றையே உண் ணும் ஜந்துகள்.

மென்பூட்சியுயிர் (மொலஸ்கா) என்ற பைலத் தின் பாற்பட்ட ஜந்துவினங்கள் நம் முலகில் நெடுங் காலமாகவே வாழ்ந்துவந்துள்ளவை. நத்தைகள் கருநந்துகள், (ஸ்லக்குகள்) இன்னோரன்ன நிலத்தில் வாழ் ஜந்துக்களும், ஆயிஸ்டர்கள், கணவாய் மீன் கள் (கட்டில் பிஷ்) இன்னோரன்ன கடல்வாழ் ஜந் துக்களும் இப்பைலத்தின் பாற்பட்டவை. மொலஸ் காக்கள் எல்லாம் கொழுகொழுப்பான உடலைக் கொண்டவை. எல்லாப் பகுதிகளும் முத்தையாய்த் திரண்டவாறு காணப்படுகின்றன். அவை சங்கு, கிளிஞ்சில், சிப்பி, இன்னோரன்ன கெட்டி அமைப்பு களைக் கொண்டவை; தொடுப்புப் பொருந்தல்கள் (அப்பண்டேஜ்கள்) இல்லை; பின்வாட்டத்தில் சலனத்திற்கானவாறு பயன்படும் உறுப்புகள் உள்ளன. நீரில் வாழ்கின்றவை ஒருவகை செவுள் களைக்கொண்டு காற்றாட்டம் (ஏரேஷன்) பெறு கின்றன; நிலத்தில் வாழ்கின்றவை காற்றுப் பையின் வழியே ஸ்வாஸிப்பவை. மொலஸ்காக்கள் கல்லீரலும், கணயமும் ஒன்று கூடிய ஜீரணக் கிரந்திகளைக் கொண்டவை. கண்கள் சிலாக்கிய மானவை. நாட்ட ஏடகத்தை (ரெடீனாவை)க்

கொண்டவை. தலைப்பகுதியில் மூளை யில்லை. கழுத்து வாட்டத்தில் நரம்பு டிஷ்யூக்களாலான வட்டவளையமேயுள்ளது.

ஆழிப்புல்லுயிர் (அன்னுலிடா) என்ற பைலத்தின் பாற்பட்டவை, பல வளையங்கள் கோவையாய் அடுக்கப்பட்டவாறுன உடலமைப்பைக்கொண்டவை. அவை 'துண்டமிகல்' புழுக்கள் (ஸெக்மண்டு வர்ம்கள்) எனப்படுகின்றன. நாங்கூழ்ப் பூச்சி (எர்த் வர்ம்) ஒரு ஆழிப்புல்லுயிர் (அன்னுலிடா). அது மென்கேசததால் போர்க்கப்பட்டுள்ள நீண்டகுழாய் வடிவமான புழு. அக்கேசங்களை நிலத்தில் ஊன்றி அதுசலனமாகின்றது. அதன் வயிற்றுப்பகுதி நெடுக ஒரு நரம்பு ஓடுகின்றது. வேறு நரம்புகள் இல்லை. உடலில் 'இருதயம்' என்ற அமைப்பு இல்லை. இரு புரைகளின் வழியே, சுருங்கியல் இடவைகளால் இரத்த வோட்டம் நடைபெறுகின்றது. மூச்சுறுப்புக்கள் என்றவை இல்லை அது தன் தோலின் வழியாகவே ஶ்வாசிக்கின்றது. தோலின் வழியே காற்று விரவி இரத்தத்தைக் காற்றூட்டமாக்கும் (ஏரேட்செய்யும்) இரத்தத்திலுள்ள மலினவாயுக்கள் தோலின் வழியே விரவி வெளிப்படும். அதன் அலிமண்டரிகனல் ஒரேயொரு நீண்ட குழாய். அதன் பகுதிகள் 'கல்லட்', 'கிஜ்ஜர்டு'. 'கிராப்'. 'குடல்' என்பவை. அது மண்ணையும் அதிலுள்ளவற்றையும் உண்ணும். பெரும்பகுதி சற்று வேறுபட்ட வகை மண்ணுனவாறு வெளிப்பட்டுவிடும். அப்புழுக்களால் நிலம் அவ்வழியே நன்கு கொத்தப்பட்டது

போலாகி வளமாகின்றது. அதற்கு உணர்க்கருவிகள் என்ற எவையும் கிடையாது. தோல் முழுதும் ஒருவாருன உணர்ச்சியுடனுள்ளது.

கண்டகப்புராணி யுயிர்கள் (எக்கைனேடர் மேடா) என்ற பைலத்தின் பாற்பட்டவற்றில் சாதாரணமாய்க் காணப்படும் இனம், உடுமீன் (ஸ்டார் பிஷ்) எனப்படுவது. அது ஐந்து முனைகளைக் கொண்ட நக்ஷத்திர வடிவாயிருக்கும். உடுமீனின் (ஸ்டார்பிஷின்) விசேஷ அமைம்பு, அதன் நீர்ப்பாசனக்குழாய்கள். ஐந்து முனை நீட்சிகளின் அடிப் பகுதிகளும் ஒன்றுகூடும் நடுவிடத்தில் வட்டமாயோடும் நீர்த்தாரையுள்ளது. அதிலிருந்து கிளை பிரிந்தவாறு ஒவ்வொரு முனை நீட்சியினுள்ளும், முறையே ஓடும் நீர்க்கால்கள் உள்ளன. அந்நீர்க் கால்களுடன் தொடர்பான சிறு உறிஞ்சுகை (ஸக்கர்) களினுள் நீரமுக்கம் வேறுபடுவதை யொட்டி, அது சலனமாகின்றது. உடுமீனின் இரைப்பை, வாய் வழியே பிதுங்கி வந்து, வெளியேயுள்ளவாறே உணவை ஜீரணிக்க இயலும். அதன் உடல், சிறு திடர்கள் போன்றும், சிறு சாமணங்கள் போன்றும் உள்ள முட்களால் மூடப்பட்டுள்ளது. முனை நீட்சிகளில் ஒன்று உடைந்துபோனால், அது மறுபடியும் முளைத்துவிடும். அது இழந்த பகுதி மீண்டும் வளர்தல் (ரீஜனரேஷன் ஆப் லாஸ்ட் பார்ட்ஸ்) என்ற இயலினது.

நாடாப்புழு (டேப்வர்ம்) ஆட்டுயிரல்சப்பி (லிவர் புளுக்) இன்னோரன்னவை தட்டைக்குனுவுயிர்

(பிளாடி ஹெல்மிந்தஸ்) பைலத்தின் பாரபட்டவை. நாடாப்புழுக்கு (டேப்வர்முக்கு) கண்களாவது மற்ற உணர்வுறுப்புகளாவது இல்லை. அது தலை, கவந்தம் (டிரங்கு) என்ற இரு முக்கிய உடற்பகுதிகளைக் கொண்டது. தலைப் பகுதியின் உறிஞ்சுகைகள் (ஸக்கர்கள்), தண்டுகள், என்ற அமைப்புகள் உள்ளன. உடற்பகுதி தட்டைச் சில்லிகள் பக்கம் பக்கமாய் அடுக்கப்பட்டதைப்போலுள்ளது. அத் தட்டைச்சில்லிகள் புரஞ்சிக்குவைகள் (பிராகிளாட் டிஸ்கள்) எனப்படுகின்றன. நாடாப்புழுவில் (டேப் வர்மில்) வேற்றியலான பல காரியங்களைச் செய்வ தற்கென்று தனித்தனியான உறுப்புக்கள் தக்க வாறுன வெவ்வேறிடங்களில் முறையே அமைய வில்லை ஒவ்வொரு காரியத்தையொட்டிய ஸெல்கள் சில, முறையே ஒவ்வொரு புரஞ்சிக் குவையிலும் (பிராகிளாட்டிஸிலும்) உள்ளன. அந்த ஸெல்கள் முறையே நெடுக கோக்கப்பட்டவாறு அமைந் துள்ளன. நாடாப்புழுக்கள் ஒட்டுணிகள் (பார ஸைடுகள்). அவை மனித குடலைப் பிடித்துத் தொங்கி யிருந்து கொண்டு வாழ்கின்றவை. அது மனித குடலில் பக்குவமாயுள்ள உணவை உறிஞ்சி யுண்பது. எனவே அதன் உடலில் ஜீரணக்கருவிகள் இல்லை. அவற்றின் முட்டைகள் பன்றியின் உடலில் ஷட்துண்டபிண்டம் (ஹெக்ஸகாந்த் எம்ப்ரையோ) என வெளிப்பட்டு, கும்பியுருட்சிக்குணு (பிளாட்டர் வர்ம்) என்ற லார்வா நிலைமையினதாகின்றது. பன்றி யிறைச்சியைத் தின்போரின் உடலில் சேர்ந்து வளர்ந்த நாடாப்புழுவாய் ஆகின்றது. ஒட்டுணி

யினங்கள் பலவுள்ளன. ஒட்டுணிகளுக்கு இடந் தந்து உணவையுமளிக்கும் பிராணிகள் 'மோனை யூட்டிகள்' (ஹோஸ்ட்கள்) எனப்படுகின்றன.

கீரைப்பாம்புகள் (ரவுண்டுவர்ம்கள்) 'நுவணைக் கூடவுயிர்' (நெமடோடா) என்ற பைலத்தின் பாற் பட்ட ஒட்டுணிகள். அவற்றில் பல இனங்கள் உண்டு. கீரைப்பாம்பு குழலுருட்சி வடிவானது (வலிண்ட்ரிகலானது.) அது பல குழாய்கள் ஒன்றைச் சுற்றிலுமொன்றுயுள்ளவாறுன அமைப் பைக்கொண்டது. நரம்பு வளையமொன்றினின்று உடலின் பல பாகங்களுக்கும் நரம்புகள் செல் கின்றன. உதடுகளிலுள்ள சிறு முகைகளைத் தவிர வேறு உணர் உறுப்புக்கள் இல்லை. கொக்கிப்புழு (ஹுக் வர்ம்) என்றவையும் இப்பைலத்தினவே.

புரையிட்டிகையுயிர் (ஸீலண்டிரேடா) என்ற பைலத்தின் பாற்பட்டவை எளிய உடலமைப்பைக் கொண்டவை. அளவிலும் சிறியவை. அவற்றில் இரத்தம் இல்லை; நரம்புகள் இல்லை; ஜீரண உறுப்புக்கள் என்ற பிரத்தியேகமான உறுப்புக்கள் இல்லை.; கழிபோகு உறுப்புக்கள் என்ற தனிப்பட்ட அமைப்புக்கள் இல்லை. அவற்றின் முக்கிய உறுப்புக் கள், அமை குழாய், நுழை வாய், டெண்டகிள் கள் என்றவையே. வாயின் வழியே உணவு உட்கொள்ளப்படும்; அவ்வாயின் வழியாகவே கசடுகளும் கழிக்கப்படும். அவற்றின் உடலில் இரு வகை செல்களே உண்டு. ஒரு வகை செல்,

தோலியலையும் தசையியலையும் கொண்டது. உணவு ஜீரணிக்கப்படுவதும் அதனாலேயே. ஒரு வகை ஊறுணர்ச்சியையும் அவை கொண்டுள்ளன. மற்றொரு வகையான செல்கள் சிலவே யுள்ளன. அவை ஒருவகை விஷநீரைக் கொண்டவை. 'நிடோ ஸில்கள்' என்ற முட்களால் அவ்விஷநீரை மிக நுட்பமான ஜந்துகளில் செலுத்தி அவற்றைக் கொன்று தின்கின்றன. ஸீலண்டிராக்கள் கூடல் வழியாகவும், கூடலின்றியும் இனப்பெருக்கம் செய்ய இயன்றவை ஒன்றின் துண்டினின்றே, முழு ஜந்து வொன்று வளர்ந்துவிடும். சொறி மீன் (ஜெல்லி பிஷ்), பவளப்புழு, இன்னோரன்னவை ஸீலண் டிராக்களே.

கடற்பஞ்சு இடுக்கியலுயிர் (போரிபரா) பைலத் தின் பாற்பட்டது. அதன் உடல் 'புரோட பிளாஸம்' என்ற கூழியலான பொருள் மூத்தை. அம் மூத்தையை வலையைப்போல பின்னப்பட்ட ஒரு வகை நார்ப் பொருந்தல் தாங்கிக்கொண்டுள்ளது. இடுக்குகளினூடே உடலினுள் பாசனமாகும் நீரிலுள்ள சிறு ஜந்துகளையும், வேறு இரைகளையும் அதன் செல்கள் அருந்துகின்றன. நீரில் கரைந் துள்ள காற்றை ஸ்வாஸிக்கின்றது. அதன் செல் கள் பிளந்து வகிர்தலாவதை யொட்டி இனப் பெருக்கம் உண்டாகின்றது. கூடல் வழியாகவும் இனப்பெருக்கம் ஏற்படலாம்.

அடிப்புயிர்கள் (புரோடஜோவாக்கள்) முறையே ஓரேயொருசெல்லைக்கொண்ட உடலமைப்பானவை. பாரமீசியம், அமீபா, யுக்ளினு, மலேரியா ஒட்டுணி இன்னோரன்னவை புரோடஜோவாக்கள். 'அமீபா' என்ற சிற்றுயிரின் செல் சுவர் கூட விறைப்பாயில்லை. அதற்கு நிலையான வடிவமில்லை. வடிவம் மாறும்போது உடற்பகுதிகள் பல்வேறு வாட்டங்களில் நீளும். வெளிநீட்டப்படும் பகுதிகள் போலிக்கால்கள் (ஸ்யூடோ போடியங்கள்) எனப்படுகின்றன. ஸ்யூடோ போடியங்களை யொட்டியே அமீபா சலனமாகின்றது. தன்ஸ்யூடோ போடியங்களிடை அகப்பட்ட இரையை உட்கொள்கின்றது. வேக்யூல்கள் என்ற சிறு குமிழ்கள் உணவைச் சுற்றி ஏற்பட்டு உணவு ஜீரணிக்கப்பட்டு, கசடுகள் கழிக்கப்படுகின்றன. உடலின் எப்பகுதியாலும் உணவு அருந்தப்படுவதைப் போலவே, உடலின் எப்பகுதியினின்றும் கசடுகள் கழிக்கப்படலாம். உடல்வழியே நீரில் கரைந்த காற்றுவிரவி உள்ளிருந்த வாயுக்கள் வெளிப்படுகின்றன. அமீபா பிளவுற்று வகிர்தலாவதினுல் இனப் பெருக்கம் ஏற்படுகின்றது

நானுவிதமான ஜந்துக்களைப்பற்றிக் கூறினேம். அவற்றின் உடலமைப்பு முறைகளைப்பற்றி ஒருவாறு அறிந்துகொண்டோம். பல பைலங்களின் பாற்பட்ட வற்றின் உடலமைப்பு முறைகள் ஒருவாறு படிப்படியாய், முறையே, வேற்றுமையாகிவருகின்றன எனக் காண்கிறேம். பல நூறு கோடி ஆண்டுகளுக்கு முன் தற்காலத்து ஜந்துவினங்களுக்

கெல்லாம் பொதுவானதொரு மூதாதையினம் இருந்திருக்கவேண்டும் என அறிகிறோம். அதனின்று பரிணாமமுறையை யொட்டி பல நூறு கோடிக்கணக்கான ஆண்டுகளில் பல வழிகளில் பலவாருன இனங்கள் ஏற்பட்டுள்ளன எனக்கொள்ள இடமுண்டு. முதலிலிருந்த ஒரு ஸெல் ஜந்துவிலிருந்து மெடஜோவா என்ற பல ஸெல் இனமொன்று பரிணமித்ததிலிருந்து, இற்றை மனிதவினம் பரிணமித்துள்ள வரலாற்றைக் உறலாம். மெடஜோவாவின் ஸெல்கள் பல காரியங்களுக்கான தனித்தனி வகையினவான ஸெல்களாய்ப் பரிணமித்தன. சில ஜீரண ஸெல்களாயின; சில பாதுகாப்பு ஸெல்களாயின; சில தசையியல் ஸெல்களாயின; சில உணர் ஸெல்களாயின. அடுத்தபடியாக, ஒருவகை நரம்பு மண்டலம் அமைக்கப்பட்டது. உடலின் வேலைகள் ஒழுங்காய் செய்யப்படுமாறு கவனித்துக்கொள்ளக் கூடிய நடுவாதிக்கம் கொண்ட முறையை யொட்டி நரம்பு மண்டலம் பரிணமித்தது. பிறகு உடலின் ஒவ்வொரு அசைவுடனும் தொடர்பானவாறு எல்லாப் பாகங்களும் உலுக்கப்படாமலிருப்பதற்கென, உடற்குகரம் (காவிடி) அமைக்கப்பட்டு, அதில் உள்ளுறுப்புக்கள் தக்கவாறு பொருத்தப்பட்டன. பிரத்தியேகமான உடலுறுப்புக்களை ஊட்டுவதை யொட்டி இரத்தப் பாசன முறை பரிணமித்தது. அந்தநிலைமை யெய்தியபின் ஜந்துப்பரிணாமம் பல்வேருன கிளை வழிகளில் நடையேறலாயிற்று. உடுமீன் (ஸ்டார் பிஷ்) குலங்கள் நீர்க்குழாய் அமைமுறையையொட்டிப் பரிணமித்தன. அக்குலங்கள் இன்று

வரை அழியாதுள்ளன. கூடுவமைப்பதில் சிறந்த குலங்கங்கள் இற்றை மொலாஸ்காக்களாய் பரிணமித்து இன்றும் வாழ்ந்துவருகின்றன. ஆர்த்ரோபோடாக்கள் நரம்புப் பிரதிபலிப்பு முறையில் சிறந்தவை. அவை இன்றும் குலமழியாதுள்ளன. அவற்றில் சில நரம்பு மண்டல வமைமுறை யொட்டிச் சிறத்து முக்கிய நடு நரம்பைப் பாதுகாக்கும் வழியே முதுகெலும்பு அமைந்த பிராணிகளாய்ப் பரிணமித்தன. எலும்பமைப்பு முறையையும், இரத்தத்தைக் காற்றூட்டமாக்கும் முறையையும் யொட்டிச் சிறத்தன. மீன் குலம் பரிணமித்தது. சில, நிலத்தையடைந்து 'நுரையீரல்' சிறத்தவையாய் ஆயின. ஆம்பிபியன்கள் தோன்றின. துடுப்புக்கள் கால்களாய் மாறின. ஆம்பிபியன்களில் சில நிலத்திலேயே முட்டையிடும் வகையிாய்ப் பரிணமித்து ஊர்வனவாயின. ஊர்வனவற்றில் சில தடித்த கவசங்களையமைத்துக்கொள்ளும் வழியேயும் உருவத்தைப் பெரிதாக்கிக்கொள்ளும் வழியேயும் பரிணமித்தன. அவை அழிவுற்றன. சில நரம்பு மண்டலத்தை யொட்டியும் சுறுசுறுப்பு—வேகம்—சலியாதுழைத்தல், என்ற பான்மைகளை யொட்டியும் சிறத்தன. அவையே இற்றை ஊர்வன. மற்ற சில ஊர்வன நரம்பு மண்டலத்தையொட்டியும் இரத்த வோட்ட முறையை யொட்டியும் சிறத்து, வெப்பஇரத்தமானவையாயின. அவை பறவைகள். இன்னும் சில நரம்பு மண்டல-அவயவச் செயல் தொடர்பை யொட்டிச் சிறத்தன. அவை மம்மேலியாக்கள். மம்மேலியாக்கள்

பல வழிகளில் பரிணமித்தன. நரம்பு மண்டலத்தையும் செயல் திறமையையும் யொட்டியே அதிகமாய்ச் சிறந்தவை, தம்மைவிட வலிமையான பிராணிகளினின்று தப்பித்துக்கொள்ளும்பொருட்டு மரக் கிளைகளில் வாசஞ்செய்யும் ஜந்துக்களாய் பரிணமித்தவை. மரக்கிளை வாசம், கண் பார்வைக்கும் உறுப்புக்களின் இயக்கத்திற்கும் நரம்பு மண்டலத்திற்குமான தொடர்பை வளர்த்தவகையில் சிலவற்றைச் சிறக்கச் செய்தது. வாலில்லாக் குரங்குகளுக்கும் மனிதருக்கும் பொதுவான மூதாதையினம் பரிணமித்தது. அம்மூதாதை யினத்தினின்று பரிணமித்த மக்களினங்கள் பல. ஒன்று மேலும் சிறந்து பரிணமித்து இற்றை மக்களினம் ஏற்பட்டது. இற்றை மக்களினம் பரிணமித்தது, இற்றைக்கு முப்பதினாயிரம் ஆண்டுகளுக்கு முன்புதான். பரிணும முறையை யொட்டியே ஜந்துக்கள் ஏற்பட்டவை என்பதை நிலைநாட்டுவதற்கான முக்கிய சான்றுகள், உலகின் பல பாகங்களிலுமிருந்து பல இருக்கை வாய்ப்புகளினின்று (ஸ்ட்ரேடங்களினின்று) வெட்டி யெடுக்கப்படும் அகழ்தலிகளே (பாஸில்களே). அவ்விருக்கை வாய்ப்புக்களில் (ஸ்ட்ரேடங்களில்) பண்டைக் காலத்து உயிரினங்களின் உடற்பதிவுகளும் கல்லாய் மாறின உடற் பகுதிகளும் கிடக்கின்றன. அவையே ‘அகழ்தலிகள்’ (பாஸில்கள்). மற்றொரு முக்கியமான வகைச் சான்றுகள் இரத்தங்களின் ரஸாயனவியல்களை யொட்டியவை. பரிணுமம் பயத்தப்படும் வழிகள்

பலவாறுனவை. அவை எல்லாம் ஏதாவதொன்றே, பலவோவான 'தேர்ந்தடுத்தல்' (ஸெலக்ஷன்) முறையை யொட்டியவை,

மனிதப் பரிணுமம் இனி எவ்வழிகளில் செல்லும் என திட்டமாய்க் கூறுவதற்கு ஒன்றும் இல்லே. பரிணுமம் நடைபெறும் வழிகள் திட்டமாய் அறியப் பட்ட பிறகே, எதிர்கால மக்களினம் எவ்வாறிருக் கும் எனக்கூற இயலும். பரிணுமமியல் நடைபெறும் வழிகள் செவ்வனே அறியப்பட்டு, அம்முறையை யொட்டி செயல்முறைப் பரிணுமம் ஏற்படக்கூடும், எனக்கூடச் சொல்லலாம். ஆயினும் அவ்வாறு ஏற்படும் என்பதை நிலேநாட்டுவதற்கான சான்று களே இன்று நாம் அறியோம்.

XII

பயிர்கள்.

பயிர்கள் உயிருள்ளனவே. அவை முளைத்து, வளர்ந்து இனப்பெருக்கம் செய்து இறக்கின்றன. அவை உணவு உட்கொள்கின்றன; மூச்சு விடுகின்றன; ஒருவாறான உணர்ச்சியுடனுள்ளன. பயிரின் மூலப் பகுதியும் ஸெல்லேயாம். அவை விந்துவும் (ஸ்பர்மும்) பெண் கருவும் (ஓவமும்) கூடல் என்ற பால்பாற்பட்ட (ஸெக்ஸுவல்) வழியாகவும், ஸெல் பிளவுற்று பலவாதல், என்ற பால்பாற்படாத (அஸெக்ஸுவலான) வழியாகவும், இனப் பெருக்கம் செய்கின்றன. பல ஸெல் பயிரினங்களும், ஒருஸெல் பயிரினங்களும் உண்டு. ஆதியான ஸெல் ஒன்றி னின்று ஒரு வழியே ஜந்துக்கள் பரிணமித்தன. மற்றொரு வழியே பயிர்கள் பரிணமித்தன

பயிர்களுக்கும் ஜந்துகளுக்குமான வேற்றுமைகள் எவை என்பதை நாமெல்லோரும் அறிவோம். பயிர்கள் சலனமாக இயலாதவை; திட்டமான ஆகிருதியானவை அல்ல; ஓரினத்தின் உறுப்புக்கள் திட்டமான எவ்வெண்ணிக்கையானவை என்றில்லை. பயிர்கள் சில உப்புகளையும் நீரையும், கார்பன்டை ஆக்ஸைடையும், சூரிய வெளிச்சத்தின் உதவியால் தமக்கான உணவாய்ச் செய்துகொள்ளும் திறனுனவை.

பயிரினங்களும் ஐந்துவினங்களின் வகையீடு முறையை யொத்ததொரு முறையையொட்டி வகையீடு செய்யப்பட்டுள்ளன. முதற்படியாக, மலராத வகையினவை களவியல் விதியுளிகள் (கிரிப்டோகாம்கள்), 'மலரும் வகையினவான' பகிரங்க விதியுளிகள் (பானிரோகாம்கள்) என்ற பைலங்களின் பாற்பட்டவையாய் வகையீடு செய்யப்பட்டுள்ளன. கிரிப்டோகாம்கள், 'ஆல்கியா", 'மாஸ்'. 'பர்ன்' இன்னோரன்ன வகுப்புகளை (கிளாஸ்களை)க்கொண்டவை. 'ஆல்கியா' வகுப்பில், 'பங்கை' 'விச்சன்ஸ்' இன்னோரன்ன 'ஆர்டர்கள்' உண்டு. 'பூஞ்சு' ஒரு 'பங்கை', பானரோகாம்பைலம் நிர்வாண விந்துயிகள் (ஜிம்னோஸ்பர்ம்கள்). மர்மவுறை விந்துயிகள் (ஆக்னியோஸ்பர்ம்கள்) என்ற வகுப்புகளைக் கொண்டது. ஆக்னியோஸ்பர்ம் என்ற வகுப்பு, ஒரு தளிர் முகையிகள் (மானோ . காடில்டன்கள்) இரு தளிர் முகையிகள் (டைகாடில்டன்கள்) என்ற இரண்டு முக்கிய ஆர்டர்களைக்கொண்டது. பயிரினங்கள் ஒவ்வொன்றும், முறையே, இருசொல்லிணை இடுகுறிபெயரைக் கொண்டுள்ளது. இவ்வுலகில் ஒன்றரை லக்ஷம் பயிரினங்கள் உள்ளன.

பயிரொன்றின் முக்கிய உறுப்புக்கள், வேர்கள்—அடிமரம்—கிளைகள்—இலைகள் என்றவை. வேர்கள் நிலமட்டத்திற்குக் கீழே செல்பவை. 'ஒரு ஸெல்' பயிர் பரிணமித்து பல ஸெல்களைக்கொண்ட பயிரினங்களாயின. ஒரு நுனி வாட்டத்தில் பெருக்கமாகி வளரும் பயிர்கள் பிறகு பரிணமித்தன.

பாசிகள் அங்கிலைமையிலுள்ளவை. பெருக்கமடைந்து போகும் நுனியல்லாத மற்றொரு நுனி நிடவஸ்துவைப் பற்றிக்கொண்டிருக்கும் பயிர் வகைகள் அதன் பின் பரிணமித்தன வேர்களைக்கொண்ட பயிர்கள் தோன்றின. பயிரொன்று இறக்கும் வரை வளரும் தன்மையயானது. ஐந்துவொன்று ஒரு பருவமான பிறகு வளர்ச்சி முற்றியதாகின்றது.

வளரும் பயிரொன்றின் காரியங்கள் எவ்வாறு நடைபெறுகின்றன என்பதைக் கவனிக்கலாம். அதன் உறுப்புக்கள் ஒவ்வொன்றும், முறையே, அதனதனவயவான செல்களைக்கொண்டவை. கிளைகள்-அடிமரம்-தண்டுகள் என்றவற்றின் செல்கள் அடர்த்தியாய்ப் பிணைந்தவாறு அமைந்துள்ளன. அவ்வுறுப்புக்களின் மேற்பட்டைகளும் இலைகளும் பசுமையான செல்களைக்கொண்டுள்ளன. அவற்றின் சைடோபிளாஸங்களில் 'குளோரோபைல்' என்ற பசுஞ்சாந்து உள்ளது. பயிரொன்றின் முக்கிய காரியங்கள் உயிருடனிருத்தல், இனப் பெருக்கம் செய்தல், என்பனவே.

உயிருடனிருப்பதற்கு உண்ணவேண்டும். ஊட்டத்தினின்று செல்லமைப் பொருளான புரோடபிளாஸமும், சட்டக (ஸ்கெலிடன்) பொருளான செல்லூலோஸமும், குளோரோபைலும் இன்னும் பல பொருள்களும் அமைக்கப்படுகின்றன. நிலத்தினின்று ஏறும் கரையங்களையும், காற்றிலுள்ள ஆக்ஸிஜன் கார்பன்டைஆக்ஸைட் வாயுக்களையும்

கொண்டு சூரிய வெளிச்சச் சக்தியை யொட்டி, பயிர் தன் உணவை ஆக்கிக்கொள்ளும். நீரையும், உப்புகளையும் உட்கொள்பவை வேர்கள். இலைகளில் உணவு ஆக்கப்படுகின்றது. இலை, ஸெல் படலங்கள் பலவற்றைக் கொண்டது. மேற்பரப்புப் படலங்களில் ஒருவகை மெழுகுப் பொருள் உள்ளது. இலைப்பரப்பில் சில பகுதிகள் உள்ளன. அவை 'ஸ்டோமாடங்கள்' எனப்படுகின்றன. அவை திறந்தவாறும், மூடியவாறும் இருக்கலாம். அவற்றையடுத்து உள்வாட்டத்தில் காவலாளி'' ஸெல்கள் என்றவை உள்ளன. ஸ்டோமாடியங்களின் வாயிலாய் இலையினுள் காற்றும் கார்பன்டைஆக்ஸைடும் செல்கின்றன. இலைக்குள்ளிருந்து ஆக்ஸிஜனும் காற்றும் வெளிப்படுகின்றன. பயிர்களின் ஸ்வாஸ முறை இதுவே. மேலுரிவையின்கீழ் ஜாடி வடிவமான ஸெல்கள் உள்ளன. அவை 'பாலிஸேட்' ஸெல்கள் எனப்படுபவை. அவை 'குரோமோபிளாஸ்டுகள்' என்ற நிறச் சாந்து முகைகளைக் கொண்டவை. அந்த ஸெல்களின் உள்ளிடப்பகுதிகளிலேயே கார்பன்டைஆக்ஸைடும் நீரும் சூரிய வெளிச்சத்தினுதவியால் உணவாக்கப்படுகின்றன. பாலிஸேட் ஸெல்களின் கீழ் உலவையான ஸெல்கள் உள்ளன, அவற்றின் இடைவெளிகளின் வழியே வெளிக்காற்று பயிர்பாகங்கள் எல்லாவற்றிற்கும் மெல்லிய குழாய்கள் வழியே பரவுகின்றது. பாலிஸேட் ஸெல்களில் செய்யப்பட்ட உணவுக்கரையம் இலைச்சிரைகளின் (வெயின்களின்) வழியே இறங்கி ஸெல்களின் வழியே ஊறி, பயிரின் எல்லா

பாகங்களுக்கும் பாசனமாகின்றது. ஆகவே இலையே பயிரின் மூச்சு உறுப்பும், இருதயமும், ஜீரண உறுப்பும் எனலாம்.

இலைச்சிரைகளினின்று செல்லும் ஊண் குழாய்களின் வழியே பலபாகங்களுக்கும் உணவு பாசனமாகின்றது. அடிமரத்தினுட்பாகத்தில் பலவிதக் குழாய்கள் அமைந்துள்ளன. நிலத்தினின்று நீரையும் உப்புகளையும திரட்டும் உறுப்புகள் வேர்கள். சல்லி வேர் நுனிகளே கரையங்களை உறிஞ்சும் திறன் வாய்ந்தவை. வேரின் உட்பகுதி குழாய் போன்றது. அக்குழாய்கள் வழியே, கரையம், அடிமரக் குழாய்களில் ஏறி இலைகளுக்குச் செல்கின்றது. வேர்ப் பகுதி அழுக்கத்தையும், மூலத்துகள் கவர்ச்சி வலிமையையும் யொட்டி கரையம் அதிக உயரம் வரை ஏறுகின்றது.

ஒரு சமயத்தில் தனக்குத் தேவையான வளவைவிட அதிகவளவான ஊண் பொருள்களை, ஒரு பயிர் ஆக்கிக்கொண்டுவிடலாம். அவ்வதிக ஊண் கிழங்குகளில் சேமித்து வைக்கப்படுகின்றது.

பயிர்களின் பாகங்கள் ஒருவாறு, வலிமையுணர்ச்சியுடனும். ஒளியுணர்ச்சியுடனும்உள்ளவை. அவற்றை யொட்டியே வேர் நிலத்திற்குள்ளும், இலைகள் வெளிச்சத்தை நாடியும் செல்கின்றன. நிலக்கவர்ச்சி வலிமையால் இழுபடுவதை உணர்ந்தே வேர்கள் நிலத்தினுள் செல்கின்றன. பக்கவாட்ட

வலிமைப் பிரயோகத்திற்குட்பட்டபோது, வலிமைப் பிரயோகத்திக்கிலேயே வேர்கள் செல்கின்றன எனச் சோதனை வாயிலாய் அறியப்பட்டுள்ளது. பூத் தொட்டிகளில் வளர்க்கப்படும் செடிகள் உயரமாய்ச் செல்லாது ஒளியை நாடி வளைந்து வளர்கின்றன.

பயிர்கள் ஸெக்ஸுவலாகவும் அஸெக்ஸுவலாகவும் இனப்பெருக்கம் செய்யலாம். போத்து நட்டும், பதியன் வைத்து, கிழங்கை நட்டும் பயிர் செய்யும் போது, அஸெக்ஸுவல் முறையையொட்டி இனப் பெருக்கம் நடைபெறுகின்றது. பொதுவாக பயிர்கள் ஸெக்ஸுவலாகவே இனப்பெருக்கம் செய்கின்றன. பொதுவாக பயிரினங்கள் இருரீதிகளையொட்டி முளைக்கும் இரு மோஸ்தர்களாய் (பார்ம்களாய்) இருப்பவை. ஒரு மோஸ்தர் 'வித்துசிலிர்' (ஸ்போர்) என்ற ஒரு ஸெல்லமைப்பினின்று முளைப்பது: மற்ெறாரு மோஸ்தர், விந்து (ஸ்பர்ம்) பெண் கரு (ஓவம்) என்ற இரு ஸெல்கள் கூடலான ஸெல்லொன்றினின்று முளைப்பது. கூடலான ஸெல்லினின்று முளைக்கும் மோஸ்தரான பயிர் முதலில் சிலிர்க்கின்றது எனக்கொள்வோம். அதனின்று ஸ்போர்கள் விளையும். ஸ்போர்களினின்று மற்ற மோஸ்தர் பயிர்முளைக்கும். அப்பயிரினின்று ஸ்பர்ம்களும் ஓவங்களும் விளைகின்றன. அவை கூடலாகி ஸ்போர்களை விளைவிக்கும் மோஸ்தர் பயிர் முளைக்கும். ஒரு தலைமுறை விட்டு ஒருதலைமுறையானவாறு இரு மோஸ்தர் பயிர்கள், முறையே, முளைக்கின்றன. சிலவகைப் பயிர்கள் ஸ்போரினின்று முளைக்கும்

மோஸ்தரில் அதிக காலமும், கூடல் வித்தினின்று முளைக்கும் மோஸ்தரில் குறைந்த காலமும் வாழ்கின்றன. 'பர்ன்' என்ற பயிர் 'ஸ்போர்' முறையையொட்டியும், கூடல்வித்து முறையையொட்டியும் இனப்பெருக்கம் செய்வது. சாதாரணமாய் நாம் காணும் அடர்த்தியான பயிர் கூடல்வித்தினின்று முளைக்கும் மோஸ்தரானது. முழு வளர்ச்சியுற்ற பயிர்களின் இலைகளின் கீழ்புறத்தில் கருவலான சிறு திட்டுகள் பலவுள்ளன. அவை ஸ்போர்கள். அவை ஈரப்பதனுள்ள இடத்தில் விழுந்து புரங்கொழுந்து (புரோதாலஸ்) என்ற மற்றொரு மோஸ்தர் பயிர் முளைக்கும். அவற்றினின்று ஸ்பர்ம்களும் ஓவங்களும் உண்டாகி கூடலாகி, முதல் மோஸ்தர் பர்ன் பயிர் முளைக்கும்.

பானரோகாம் பயிர்களில், அவற்றின் மலர்களையொட்டி இனப்பெருக்கம் நடைபெறுகின்றது. மலரின் அமைப்பைக் கவனிக்கலாம். மலரின் கீழ்புறப் பகுதிக்கு 'ஆதபத்திரம்' (கா.லிக்ஸ்) என்று பெயர். அதன் பிரிந்த இதழ்கள் 'புல்லிகள்' எனப்படுகின்றன. பூவிதழ்கள் 'அல்லிகள்' எனப்படும். அல்லிகள் அமைந்த பகுதிக்கு அல்லிச்சூடிகை (கரோல்லா) என்று பெயர். பூவிதழ்களின் மத்தியில் சில மென் காம்புகள் சற்று எழும்பியவாறு உள்ளன. அவை 'நிமிர்ப்பாவுகள்' (ஸ்டாமன்கள்) எனப்படுகின்றன. அவற்றின் நுனிப்பகுதிகளில் மகரந்தப்பொடி நிரம்பிய 'இணர்ப்பொடிகலவைகள்' (ஆந்தர்கள்) உள்ளன. இதழ்களின் நடுவிலிருந்து மற்றொரு

வகையான காம்பும் எழும்பியிருக்கும். அது 'புகுலவை' (பிஸ்டில்) எனப்படும். அதன் நுனிப்பகுதிகள் உள் வளைந்த பரப்புக்கள். அப்பகுதி 'கருக்கவை' (ஸ்டிக்மா) எனப்படும். மகரந்தப்பொடி ஸ்போரை ஒத்தது. அதிலிருந்து 'ஸ்பர்ம்களை' விளைவிக்கும் சிலிர் உண்டாகும். மகரந்தப்பொடி யொன்று ஸ்டிக்மாவின்மீது பதிந்தபின், அது ஸ்டிக்மாவி லுள்ள சாறுகளை அருந்தி சிலிர்த்து, அதனின்று மயிரிழைப்புரை (காபில்லரி) யொன்று வளர்கின் றது. அது பிஸ்டிலினூடே செல்கின்றது. அக் குழாயின்வழியே மகரந்தப்பொடியினின்று விளைந்த ஸ்பர்ம்கள் இரண்டு உட்சென்று ஓவமொன்றுடன் கூடுகின்றன. அவ்வாறு நடைபெறல் 'பரிடிலேஸே ஷன்' எனப்படும். பர்டிலேஸான ஓவம் சிறிது வளர் கின்றது. பிறகு, சற்று உலர்ந்து விதையாகின்றது. அவ்விதையினின்று அடுத்த தலைமுறைப் பயிர் முளைக்கின்றது.

'பாக்டீரியாக்கள்' எனப்படும் நுண்ணுயிர்கள், ஸெல்கூட்டங்கள். அவற்றின் ஊட்டமுறை ஜந்துக் களினதைப் போன்றது. மற்ற பல வகைகளில் அவை பயிர்களைப் போன்றவை. அவை பயிர்களுக் கும் ஜந்துகளுக்கும் இடையிலுள்ள எல்லைப்புற வாசிகள் எனலாம், அவை, தாற்காலிகமாக பயிர் க்ள் எனக்கொள்ளப்பட்டுள்ளன. பாக்டீரியாக்கள் நுண்ணிய உயிர் ஸெல்கள். அவற்றை நேரேகாண இயலாது. மைகிராஸ்கோப்பைக் கொண்டே காண லாம். பாக்டீரியாக்களில் பலவகைகள் உண்டு.

பாக்டீரியாக்கள் பிளவுற்றுப் பலவாகி இனப் பெருக்கமாகின்றன. பாக்டீரியா. ஸெல்கள் முறை யே இருபது நிமிஷத்திற் கொருதடவையானவாறு பிளவுற்று வகிர்தலாகலாம். எனவே, ஒருநாட் பொழுதில், ஒரு 'பாக்டீரியா', பத்து கோடானு கோடி பாக்டீரியாக்களாய் பெருகிவிடும். கடுகளவு இடத்தில் பத்துகோடி பாக்டீரியாக்கள் இருக்கலாம்.

பாக்டீரியாக்கள் பலவாறன பொருள்களை உண்கின்றன. ஜீரணம் செய்யப்படாது கழிக்கப் படும் பொருள்களும் பலவாறனவை. பாக்டீரியாக் களில் சக்தி பயத்தப்படுவதை யொட்டி பலவாறன ரஸாயன மாற்றங்கள் ஏற்படுகின்றன. 'பாலைப் புளிக்கச் செய்தல்', பாக்டீரியாக்களின் வேலையே. பாக்டீரியாக்கள் உப்புமாவை ஊசிப்போகச் செய் கின்றன. பழங்களையும், பலபண்டங்களையும் அழு கச் செய்பவை பாக்டீரியாக்களே. அழுகிய இலைகள், சாணம் முதலானவற்றை நிலத்திற்கான எருவாய்ச் செய்பவை பாக்டீரியாக்களே. அவை பவனத்தி லுள்ள நைட்ரஜனை, நைட்ரஜன் தரங்களாய் (காம் பவுண்டுகளாய்) மாற்றியமைக்கும் திறன் வாய்ந் தவை. சில வகை பாக்டீரியாக்கள் மண்ணில் விர விய நைட்ரஜனை அருந்தி தம்முடல் புரோடீன்களை அமைத்துக் கொள்கின்றன. நில அமீபாக்கள் அவற்றை அருந்துகின்றன. அவ்வமீபாக்கள் இறந்த பின், அவற்றின் உடற்பொருள்களை மற்றொரு வகை யான பாக்டீரியாக்கள் சிதிலமாக்குகின்றன. (டீகம் போஸ் செய்கின்றன). சிதிலமான பொருள்கள்

நிலத்தில் நைட்ரேட்களாய்ச் சேர்கின்றன. நிலம் வளமாகின்றது. அவரை, துவரை, மொச்சை, வெட்சி, இன்னோரன்ன பயிர்களின் வேர்களில் சில வகை பாக்டீரியாக்கள் வாசஞ்செய்கின்றன. அவை காற்றிலுள்ள நைட்ரஜனைக்கொண்டு தம்முடலை உடல் வளர்க்கின்றன. அவை இறந்தபின் அவற்றின் உடற்புரோடீன்களிலுள்ள நைட்ரேட்டுகள் அப்பயிர்களுக்குப் பயன்படுகின்றன.

நன்மை விளைவிக்கும் பாக்டீரியாக்களைப்பற்றிக் கூறினோம். தீமை பயக்கும் பாக்டீரியாக்கள் 'அனயேரோபிக்' வகையினவை. அவ்வினங்களே பல் வகை வியாதிகளுக்குக் காரணமானவை. பாக்டீரியாக்களைப் பற்றி அறியப்படுவதற்குமுன், எல்லா வகை வியாதிகளும் 'காய்ச்சல்'. 'சுரம்', 'ஜன்னி' எனப் பொதுவாகவே கருதப்பட்டன. இக்காலத்து வைத்திய முறையையொட்டி, ஒவ்வொரு வகை வியாதியும் முறையே ஒவ்வொரு வகை பாக்டீரியாக்களோ, அன்றி பாக்டீரியாக்களைவிட நுண்ணிய 'விரஸ்கள்' என்றவையோ, உடலினுள்புகுந்து விருத்தியாவதால் ஏற்படுகின்றது என அறியப்பட்டுள்ளது. பாக்டீரியாக்கள் உடலினுள் புகுவதால் நோய் காண்பதில்லை அவை உண்டு கழிக்கும் விஷப்பொருள்கள் உடலில் பரவுவதால் வியாதி உண்டாகின்றது. அவ்விஷங்களுக்கான மாற்றுப் பொருள்கள் 'ஆண்டிடாக்ஸின்கள்' எனப்படுபவை. எல்லாவகை பாக்டீரியாக்களையும் கொல்வதற்கான ஒரே 'ஆண்டிடாக்ஸின்' இல்லை. ஒவ்வொருவகை

பாக்டீரியா விஷத்தை முறிப்பதற்கான தக்க ஆண்டிடாக்ஸின்கள் பல வேண்டப்படுகின்றன. ஆண்டிடாக்ஸின்கள் உடலிலேயே செய்யப்படுவதற்கு சிறிதுகாலம் பிடிக்கும். அதற்குள் பாக்டீரியாக்கள் அதிகமாகி அவற்றின் விஷம் உடலில் பரவிவிட்டால், ஆள் இறந்துபோகிறான். தக்க 'ஆண்டிடாக்ஸின் ஸிரங்கள்' எனப்படுபவை ஊசி கொண்டேற்றப்படுவதால், உடலின் ஆண்டிடாக்ஸின்கள் விரைவாய் ஏற்படுமாறு செய்யப்படுகின்றது. தக்கஸிரங்கள் முன் ஜாக்கிரதையுடன் ஊசி கொண்டேற்றப்படுவதால், தக்க ஆண்டிடாக்ஸின்கள் முன்னரே செய்யப்பட்டு, நோய்கண்டவுடன் அதைக் கண்டிக்கத் தயாராயுள்ளன. பாக்டீரியாக்களினால் வியாதிகள் ஏற்படுகின்றன என்று கண்டுபிடிக்கப்பட்ட பிறகு, பொதுவாக பாக்டீரியாக்கள் விருத்தியாகாதவாறு செய்யும்முறைகளும், அவை உடலில் புகவொட்டாது தடுப்பதற்கான முறைகளும் ஏற்பட்டன.

பாக்டீரியாக்களையும் விடச் சிறிதான உயிர் வகைகள் உள்ளனவென அறியப்பட்டுள்ளது. அவை 'விரஸ்'கள் எனப்படுகின்றன. அவை மைக்கிராஸ்கோப் வழியேயும் காண இயலாதவை. வியாதியுற்ற உடற்பகுதியை யொட்டிய திரவங்கள் நுண்வடிகட்டியினூடே (பில்டரினூடே) இறங்கிய பிறகும் அவ்வியாதியைத் தொற்றுவிக்கும் தன்மையுடன் இருக்குமாயின், அவ் வியாதி 'விரஸ்'

வியாதி எனப்படும். தக்கவாருன வழிகளில் பதினைந்து வகை 'விரஸ்' கரையங்கள் பிரத்தியேகப் படுத்தப்பட்டுள்ளன. அவை மிக நுண்ணிய படிக முருவிகளை (கிரஸ்டல்களை)ப் போல காணப்படுகின்றன. விரஸ் ஒருவகை ரஸாயன மாற்ற முறையை யொட்டி உண்ணக்கூடும்; அதையொட்டி நச்சுப் பொருள்களை பயக்கக்கூடும்; பிளந்து இனப்பெருக்கம் செய்யக்கூடும். அவற்றைத் தவிர வேறு உயிரியலான காரியம் எதையும் செய்யவில்லை. 'விரஸ்கள்' உயிரற்ற பொருள்களுக்கும் உயிரினங்களுக்கும் இடைப்பட்ட நிலையினவை எனக்கொள்ள இடமுண்டு. அவ்வாருயின் உயிரினங்களுக்கெல்லாம் ஆதியான ஸெல், விரஸ்களினின்று பரிணமித்தவை எனக்கொள்ளவேண்டும். விரஸ்கள் உயிரற்ற பொருள்கள் ஒரு காலத்தில் தக்கவாறு பொருத்தப்பட்டு தற்செயலாய் உற்பத்தியானவை என அனுமானிக்கப்படுகின்றது.

XIII

பரம்பரை வழி

இனப்பெருக்கம், ஸெக்ஸுவல், அஸெக்ஸுவல் எனப்படும் இரு முறைகளையொட்டி ஏற்படலாம் எனக் கூறியுள்ளோம். அஸெக்ஸுவல் முறையை யொட்டி, ஒரு ஸெல் பிளவுற்று இரண்டாய் ஆகின்றது. ஸெல் பிளவுற்று இரு ஸெல்களாகும் முறையைப் பற்றி அறியப்பட்டுள்ள விஷயங்களைக் கூறலாம். பிளவுறும் தறுவாயிலுள்ள ஸெல் ஒன்றின் குரோமாடின் பகுதிகள் ரீதியாய் அமைகின்றன. பிறகு நியூக்ளியஸின் நடுப்பகுதியான 'ஸெண்ட்ரஸோம்' பிளவுற்று இரண்டு ஸெண்ட்ரஸோம்களாய் ஆகின்றது. அவை விலகிச் சென்று நியூக்கிளியஸின் ஓர வாட்டங்களில் அமைகின்றன. குரோமாடின் சிறு சிறு கூறுகளாய்ப் பிரிகின்றது. அக்கூறுகள் 'குரோமஸோம்கள்' எனப்படுகின்றன. குரோமஸோம்கள் ஒவ்வொன்றும், பிளவுற்று முறையே இரண்டு அரை-குரோமஸோம்களாய் ஆகின்றன. அரை குரோமஸோம்கள், முறையே பிரிந்து, இரண்டு செண்ட்ரஸோம்களை அடைகின்றன. ஒவ்வொரு செண்ட்ரஸோமைச் சூழ்ந்துள்ள அரை குரோமஸோம்களின் தொகைகள் நிகராயுள்ளன. அரை குரோமஸோம் ஒன்று முழு குரோமஸோமின் பிரதியே; அளவைத் தவிர மற்ற எல்லா பான்மைகளிலும் முழு குரோமஸோமை ஒத்தது. தத்தம் செண்ட்ரஸோம்களைச்

சூழ்ந்து பொருந்தின அரை குரோமஸோம்களையும், செண்ட்ரஸோம்களையும் சுற்றி நியூகிளியஸ்கள் அமைகின்றன. சைடோபிளாசம் பிளவுறுகின்றது. அளவைத் தவிர மற்ற எல்லா பான்மைகளிலும் முதலிலிருந்த ஸெல்லை யொத்த புது ஸெல்கள் இரண்டு விளைகின்றன. அவை, முறையே முழு ஸெல்லளவுக்கு வளர்ந்துவிடுகின்றன. ஒரு ஸெல் பிள்வுற்றதால் விளைந்த புதிய ஸெல்கள் 'மழவு ஸெல்கள்' (டாடர் ஸெல்கள்) எனப்படுகின்றன. முதல் ஸெல்லிலிருந்த குரோமஸோம் எண்ணிக்கையும், டாடர் ஸெல்கள் ஒவ்வொன்றிலும் முறையேயுள்ள குரோமஸோம் எண்ணிக்கைகளும் நிகரானவை.

ஒவ்வொரு உயிரினத்தின் பாற்பட்ட ஸெல்கள் எல்லாம் முறையே அவ்வவ்வினத்தைப் பொருத்த குரோமஸோம் தொகைகளைக் கொண்டவை. மனிதவுடலிலுள்ள ஸெல்கள் எல்லாவற்றிலும் முறையே, நாற்பத்தெட்டு குரோமஸோம்கள் உள்ளன. குரோமஸோம்கள் பல வளையங்களும் மணிகளும் கொக்கிகளும் கோக்கப்பட்ட சரங்களைப்போலுள்ளன. அவ் 'வளையங்களும்' 'மணிகளும்' 'கொக்கிகளும்' 'ஜீன்கள்" எனப்படுகின்றன. அவை ஒவ்வொன்றும் ஒவ்வொரு பரம்பரை வாய்ப்பியலை ஹெரிடிடரி (காரக்டரிஸ்டிக்கை) யொட்டியவை. செம்பட்டைத் தலைமயிருடனுள்ள ஒருவரின் குரோமஸோம்களில் ஜீன் வகையை யொட்டியே, அந்நிறமான தலைமயிர் அவருக்குள்ளது எனக்

கொள்ளப்படுகின்றது. மனித யினத்தில் ஜீன்கள் பாற்பட்ட வாய்ப்பியல்கள் (காரக்டரிஸ்டிக்குகள்) ஐம்பது முதல் ஒரு லக்ஷம் வரை இருக்கலாம் என மதிப்பிடப்பட்டுள்ளது. அவை எல்லாம் தலை முறைத் தத்துவரீதியாய் ஏற்படக்கூடிய வாய்ப்பியல்கள்(காரக்டரிஸ்டிக்குகள்). ஒவ்வொரு ஜந்துவினதும் ஒவ்வொரு பயிரினதும் ஸெல்கள் ஒவ்வொன்றிலும், முறையே அதனதன் பாரம்பரியத்தை யொட்டிய 'வாய்ப்பியல்கள்' (காரக்டரிஸ்டிக்குகள்) 'ஜீன்கள்' என்றவற்றின் தொடர்பானவாறு பதிந்துள்ளன.

ஸெக்சுவல் இனப்பெருக்கம் ஆணும் பெண்ணும் கூடலால் ஏற்படுவது. ஆணில் 'விந்து' (ஸ்பர்ம்) என்ற ஸெல் உண்டாகின்றது பெண்ணில் பெண்கரு (ஓவம்) என்ற செல் விளைகின்றது. ஸ்பர்ம் ஓவத்தினுள் நுழைகின்றது. இரண்டின் நியூக்ளியஸ்களும் ஒன்றுகூடுகின்றன. அவ்வொரு ஸெல் நாளடைவில் வகிர்ந்து முறையே, மல்டிசெல்யூலர் உயிராய் வளர்ச்சியுறுகின்றது. இரு பெற்றோரின் குரோமஸோம்களும் ஐக்கியம் (கம்பைன்) ஆனவாறு பிண்டத்தில் (எம்ப்ரையோவில்) அமைகின்றன. பத்து குரோமஸோம்களைக் கொண்ட ஈயினமொன்றின் பாற்பட்ட ஐக்கியநியூக்கிளியஸில் (காம்பிநேஷன் நியூக்கிளியஸில்) குரோமஸோம்கள் அமையும் முறையைக் கூறலாம்.

ஆணின் ஸெல் ஒன்றிலுள்ள பத்து குரோமஸோம்களில் இரண்டு சிறு குச்சிகள் வடிவாய்

இருப்பன; அவற்றை எ (α), ஏ (α') எனக் குறிப்பிடுவோம். இரண்டு நீண்ட 'கவை' வடிவமானவை அவற்றை பி (β), பீ (β') எனக் குறிப்பிடுவோம். இரண்டு குட்டைக் கவை வடிவானவை அவற்றை க (γ), கா (γ') எனக் குறிப்பிடுவோம். இரண்டு சிறு புள்ளிகள் போன்றவை. அவற்றை ட (δ), டா (δ') எனக் குறிப்பிடுவோம். ஒன்று நீண்ட காம்பைப்பொன்றது. அதை நீ ($\times$) எனக் குறிப்பிடு வோம். ஒன்று குட்டைக்காம்பு வடிவினது. அதை கு (Y) எனக் குறிப்பிடுவோம். ஆண் ஸெல் ஒன்று பொதுவாய் வகிர்தலாகும்போது, பிளவுற்றபின் விளையும் ஸெல்கள் ஒவ்வொன்றிலும் முறையே, மேற்கூறப்பட்ட குரோமஸோம்கள் எல்லாம் இருக்கும். ஆணின் சுக்கில ஸெல், ஒன்று முதலில் இரண்டு விந்துக்களை (ஸ்பர்மடஜோவன்களை)க் கொண்டிருக்கும். எனவே ஒவ்வொரு விந்துவிலும் (ஸ்பர்மடஜோவனிலும்) முறையே எ, ஏ, (α, α'), என்றவற்றில் ஒன்றும், பி, பீ (β, β') என்றவற்றில் ஒன்றும், க, கா (γ, γ') என்றவற்றில் ஒன்றும், ட, டா (δ, δ') என்றவற்றில் ஒன்றும், நீ ($\times$), கு (Y) என்றவற்றில் ஒன்றும் அமைந்திருக்கும். ஒன்றில் எ, (α), பி (β), க (γ), ட (δ), நீ ($\times$) என்றவையிருந்தால், மற்றொன்றில் ஏ (α'), பீ (β'), கா (γ'), டா (δ') கு. (Y) என்றவையிருக்கும். இன்னும் பலவிதங்களாய்ப் பிரிந்தவாறும் அமையலாம். $2^5 = 32$ வகைகளில் அமையலாம். (மனிதரில் நாற்பத்தெட்டு குரோமஸோம்கள் உள்ளன.

அவை 2^{24} = ஒரு கோடியே எழுபது லக்ஷம் வகைகளில் அமையலாம். ஸ்பர்மடஜோவன்கள் பிறகு பிரிந்து தனித்தனியாய்விடுகின்றன.

பெண்ணின் கருவில் (ஓவத்தில்) அது பர்டிலைஸேஷன் ஆவதற்கு மூன், எ,ஏ (α,α'), பி,பீ (β,β'), க, கா (γ, γ'), ட, டா (δ, δ') என்றனவும், நீ ($\times$) என்றதில் இரண்டும் உள்ளன. பர்டிலைஸேஷன் ஆனவுடன் ஓவத்திலிருந்த ஜதைகள் ஒவ்வொன்றிலின்றும் முறையே, ஒவ்வொரு குரோமஸோம் தங்குகின்றது. பதினாறு வகைகளில் ஏதாவதொரு வகையானவாறு தங்கலாம். மற்றவை ஆயத்து முனை விலக்குப் பொருள்களாய் (போலார்பாடிகளாய்) ஓவத்தினின்று வெளியே எறியப்படுகின்றன. எறியப்படாது தங்கியவை எ (α), பீ (β'), க (γ), ட (δ), நீ ($\times$) என்றவை எனக்கொள்வோம்.

பர்டிலைசேவுறுன ஐக்கிய (காம்பினேஷன்) செல்லிமையப் புகுந்த விந்து குரோமஸோம்கள் ஏ (α'), பீ (β'), கா (γ'), டா (δ'), கு (γ) எனக் கொள்வோம். ஐக்கிய (காம்பினேஷன்) செல்வில் எ, ஏ (α, α'), பி, பீ (β, β'), க, கா (γ, γ'), ட,டா (δ, δ'), நீ-கு ($\times$-Y) என்ற குரோமஸோம்கள் இருக்கும். அது ஆண். ஐக்கிய (காம்பினேஷன்) செல்வில், நீ-நீ ($\times$-$\times$) என்றவை இருந்தால் அது பெண்.

குரோமஸோம்கள், ஜீன்கள் பல கோக்கப்பட்ட சரங்கள் போன்றவை யெனவும், 'ஜீன்கள்' வாய்ப் பியல்களை (காரக்டரிஸ்டிக்குகளை) யொட்டியவை எனவும் கூறியுள்ளோம். எனவே பெற்றோரின் வழியே குழந்தையில் தோன்றும் வாய்ப்பியல்கள் (காரக்டரிஸ்டிக்குகள்) அக் குழந்தையை யொட்டிய ஐக்கிய (காம்பினேஷன்) செல்லில் அமைந்த குரோம ஸோம்களிலுள்ள ஜீன்களைப் பொருத்தவாறு இருக் கும். ஓரினத்தின் பாற்பட்ட குரோமஸோம் பான் மையும், எண்ணிக்கையும் அவ்வினத்திற்குப் பொது வானவையாயினும், குரோமஸோம்களிலுள்ள ஜீன் கள் வேற்றுமை வகையினவாயிருக்கலாம். மனித வினத்தின் பாற்பட்ட வாய்ப்பியல்கள் (காரக்டரிஸ் டிக்குகள்) பல வமிசாவளியை யொட்டி அமைபவை. அவ் வாய்ப்பியல்களில் சில அடலுறுத்து (டாமி னண்டு) வகையினவை எனவும், சில் ஒடுங்கியல் (ரெஸஸிவ்) வகையினவை எனவும் வகையீடு செய்யப்பட்டுள்ளன. அடலுறுத்து (டாமினண்டு) வாய்ப்பியலை யொட்டிய ஜீன் சாமானிய ஜீன்க ளுடனே, ஒடுங்கியல் (ரெஸஸிவ்) வாய்ப்பியலை யொட்டிய ஜீனுடனே கூடும்போது, அவற்றின் வாய்ப்பியலை அடக்கி, தன் வாய்ப்பியலே எடுப்பான வாறு செய்வது. ஒடுங்கியல் (ரெஸஸிவ்) வாய்ப் பியல் ஜீன் சாமானிய ஜீனாலும், அடலுறுத்து (டாமினண்டு) ஜீனாலும் அடக்கப்படுவது. அடலு றுத்து (டாமினண்டு) இயல்கள் சிலவற்றையும், அவற்றை யொட்டிய ஒடுங்கியல் (ரெஸஸிவ்) இயல் களையும் கீழே குறிப்பிட்டுள்ளோம்.

அடலுறுத்தியல்கள் (அ) (டாமினண்டுகள்) (b)	ஒடுங்கியல்கள் (ஓ) (ரெஸஸிவ்) (b)
குழிமுயல்களின் கருநிறம்	குழிமுயல்களின் வெண்ணிறம்
எலிப்பன்றிகளின் (கினிபிக்குகளின்) சலவை மயிர்	எலிப்பன்றிகளின் (கினிபிக்குகளின்) மென்கேசம்
தோற்பின்னலான விரல்கள்	பிரிந்த விரல்கள்
மங்கோலியச் சாய்ந்த கண் (ஸ்லாண்டு ஐ)	காகேசிய நேர்நோக்குக் கண்
மனிதரின் நிறச்சாந்து (பிக்மண்டு) சாயல்	நிறச்சாந்தில்லாத 'பாண்டு' ரோகம்
,, சப்பட்டை மூக்கு	மனிதரின் எடுப்பான மூக்கு
,, குறுகிய நெற்றி	,, அகன்ற நெற்றி
,, நிறத்தெளிவான தலைமயிர்	,, கருவலான தலைமயிர்
,, செங்காவிநிறக் கண்	,, நீலநிறக்கண்
பட்டாணிப்பயிர் நெட்டையாயிருத்தல்	பட்டாணிப்பயிர் குட்டையாயிருத்தல்

உயரப்பட்டாணிப் பயிரொன்றில் நெட்டையை யொட்டிய ஜீன்களைக்கொண்ட குரோமஸோம் ஜதைகளிலிருக்கும். அதை அ-அ (b-b) எனக் குறிப்பிடுவோம். குட்டைப் பட்டாணிப்பயிரொன் றில் குட்டையையொட்டிய குரோமஸோம் ஜதைக ளிருக்கும். அதை ஓ-ஓ (a-a) எனக் குறிப்பிடுவோம். குட்டைப்பட்டாணிக்கும் நெட்டைப்பட்டாணிக்கும் பர்டிலேசேஷன் நடைபெறுவதையொட்டி ஏற்படும் விதைகள் ஒவ்வொன்றிலும், முறையே அ-ஓ என்ற ஜீன்கள் இரண்டும் அமையும். 'ஓ' என்றது ஒடுங்கியலானமையின் அவையெல்லாம், 'அ' என் றதை யொட்டி நெட்டையாகவேயிருக்கும். முதல் தலைமுறையான அப்பயிர்கள் வளர்ந்தபின் அவற் றிடை பர்டிலேசேஷன் நடைபெறுவதையொட்டி யேற்படும் விதைகளில், அ-ஓ என்ற ஜீன்களோ, அ-அ என்ற ஜீன்களோ, ஓ-அ என்ற ஜீன்களோ, ஓ-ஓ என்ற ஜீன்களோ இருக்கலாம். ஓ-ஓ என்றதை யொட்டியவை குட்டைப் பயிர்களாகவே இருக்கும். மற்ற மூன்றையும் யொட்டியவை நெட்டைப் பயிர்களாயிருக்கும். எனவே, இரண்டாம் தலை முறையில், பொதுவாக குட்டைப்பயிர்களின் எண் ணிக்கையைவிட மூன்று மடங்கு அதிகமான நெட்டைப் பயிர்கள் இருக்கும். சோதனை முறையை யொட்டி அம்முடிவு சரியெனக் காணப்பட்டுள்ளது.

ஒரு ஜீனையொட்டிய 'டாமினண்டு' வாய்ப் பியலும் அதற்கு நேரான ரெஸஸிவ் வாய்ப்பியலும்,

'ஆலிலோமார்புகள்' எனப்படும். வமிசாவளியை யொட்டி ஏற்படும் இயல்கள் ஒரு ஜதை ஆலிலோ மார்புகளை மட்டும் யொட்டியவாறு ஏற்படுபவை அல்ல. பல ஜதைகள் ஆலிலோமார்புகளை யொட்டித் தோன்றுபவை. ஒரு ஜதை ஆலிலோ மார்புகளை யொட்டி இருவகை வாய்ப்பியல்கள் தோன்றலாம். இரண்டு ஜதைகளை யொட்டி நான்கும், மூன்றையொட்டி எட்டும் என ஏற்படலாம். மனிதயினத்தில் ஜீன்களையொட்டிய இயல்கள் ஐம்பது முதல் லக்ஷம் வரை இருக்கலாம் எனக் கூறியுள்ளோம். எனவே குறைந்தபக்ஷம் ($2^{50} = 1{\cdot}1 \times 10^{15}$) பதினறு கோடானுகோடி வேற்றுமையான வாய்ப்பியல் கூட்டுப் பொருத்தங்கள் தோன்றலாம். (நம் மூலஙின் மக்கள் தொகை மூந்நூறு கோடி.)

வமிச பாரம்பரியத்தை யொட்டி வாய்ப்பியல்கள் மற்றொரு முறையிலும் ஏற்படலாம். அது 'ஸெக்ஸ-லிங்குடு' முறை யெனப்படும். இரத்தங் கட்டா வொழுக்கியல் (ஹெமோபிலியா) என்ற வியாதி அம் முறையை யொட்டித் தோன்றுவது. அது 'ரெஸெஸிவ்' வாய்ப்பியல் அதன் ஜீன் ஙீ (X) என்ற குரோமசோமில் அமைந்தது. ஹெமோபிலியாக்கான் ஒருவனின் ஸ்பர்மில் ஙீஹை (X_h) என்ற 'நோய்' ஜீன் இருக்கும்; அன்றி கு (Y) என்ற குரோமஸோம் இருக்கும். அவன் நலமான பெண்ணை மணந்தால் அவர்களுக்குப் பிறக்கும் குழந்தை ஙீ-ஙீ ஹை (X-X_h) என்ற குரோமசோம்களைக்

கொண்ட பெண்ணுயிருக்கலாம்; அன்றி நீ-கு(XY) என்ற குரோமஸோம்களைக் கொண்ட ஆணுயிருக் கலாம். அவன் நோயால் நலிவுறாதவன்; பெண் ணில் நீ ஹை (Xh) என்ற ரெஸஸிவ் ஜீன், நீ (X) என்ற நலமான ஜீனால் அடக்கப்படும்; அவளும் நோய்வாய்ப்படாள். ஆயினும் செலுத்துவாரியாய் (காரியராய்) இருப்பாள். அவள் நலமான ஒருவனை மணந்தால், அவளுக்குப் பிறக்கும் குழந்தை பின் வரும் விதங்களில் ஒருவிதமான குரோமஸோம் அமைப்புடனிருக்கும்.

தாயினின்று	தந்தையி னின்று	குழந்தையியல்
நீ (X)	நீ (X)	நீ நீ (X X) நலமான பெண்
நீ (X)	கு (Y)	நீ கு (X Y) நலமான ஆண்
நீ ஹை (Xh)	நீ (X)	நீ ஹை நீ (X Xh) காரியர் பெண்
நீ ஹை (Xh)	கு (Y)	நீ ஹை கு (XhY) ஹேமோபிலியாக் ஆண்

பெண் வழியே, அவள் சந்ததிக்கு நோய் ஏற்பட லாம். ஆணுக்குப் பிறக்கும் பெண் வழியே பின் சந்ததியாருக்கு அந்நோய் ஏற்படலாம்.

ஆண், பெண் என்ற இருபாலினவற்றைக் கொண்ட இனங்கள் ஒவ்வொன்றிலும் முறையே,

ஸ்பர்மின்குரோமசோம்களில் அரைவாசி அடுக்கானவையும், ஒவத்தின் குரோமசோம்களில் அரைவாசி அடுக்கானவையும் ஐக்கியமாவதை (கம்பைன் ஆவதை) யொட்டி பர்டிலேசேஷன் நடைபெறுகின்றது. ஸ்பர்மும் ஒவமும் ஒன்றிடுமாறு வருவிக்கப்படும் வழி வகைகள் பலவுண்டு. நிலவாழ் ஜந்துகளில், பொதுவாக ஆண் தனது ஸ்பர்மை பெண்ணினுட் செலுத்தல் என்ற வழியே ஸ்பர்ம் ஒவத்துடன் கூடுகின்றது. ஆம்பிபியன்கள், மீன்கள் முதலானவற்றின் ஸ்பர்ம்களும் ஒவங்களும் முறையே, நீரில் பிர்க்கப்படுகின்றன. ஸ்பர்ம் நீந்திச் சென்று ஒவத்தில் புகுகின்றது. பயிர்களின் ஸெக்ஸுவலான முறையைப் பற்றி முன்பே கூறியுள்ளோம்.

XIV

தட்ப வெப்ப வளியியல்

ஒருநாட் பொழுதில், ஓரிடத்தில் பவனத்து வெப்பநிலை அமுக்கம், காற்றுவீசல், மழை பெய்தல் முதலானவை இருக்கும் பொதுப்பான்மை 'விண்டவ வேலுதல்' (வெதர்) எனப்படும். வெதர் நாளுக்கு நாள் சற்று வேறுபடும்; பருவகாலங்களையொட்டியும் வேறுபடுகின்றது. ஒரு பிரதேசத்தில் பொதுவாக ஓராண்டில் வெதர் இருக்கும் வகை, அப்பிரதேசத்தின் 'பருவ நிரலேனம்' (கிளைமேட்) எனப்படும். உலகிலுள்ள எல்லாப் பிரதேசங்களிலும் பருவகால வேறுபாடுகளும், கிளைமேட்டும் ஒரேவாருயில்லையென நாம் அறிவோம். சில பிரதேசங்களில் வசந்தகாலம், வேனிற்காலம், இலையுதிர்காலம், குளிர்காலம் என நான்கு பருவ காலங்கள் ஏற்படுகின்றன; மற்ற பிரதேசங்களில் வேனிற்காலம், குளிர்காலம் என்ற இரு பருவங்களே உண்டு.

பருவகால வேறுபாடுகள் ஏற்படுவதற்கான காரணத்தைக் கவனிக்கலாம். வட துருவத்திற்கும் தென் துருவத்திற்குமாய் அமைந்த ஆயத்தை நடுவாய்க்கொண்டு நமது உலகம் தன்னைத்தானே ஒரு நாளில் சுற்றி வருகின்றது என அறிவோம். அவ்வாயம், அது சூரியனைச்சுற்றிவரும் கோளைக்கு செங்கோணமாய் (ரைட் ஆங்கிளாய்) இல்லை. இவ்விடைக்கோணம் $23\frac{1}{2}^{\circ}$ சாய்ந்துள்ளது.

ஈக்வேட்டருக்கு வடக்கேயுள்ள சில இடங்களில் ஓராண்டின் ஒருகாலப் பகுதியின்போது, நண்பகலில் சூரிய வெளிச்சம் செங்குத்தாய் விழுந்துவரும் அக்காலப்பகுதியில் வடவரைக் கோளத்துப் பிரதேசங்களில் சூரிய வெளிச்சமும் வெப்பமும் அதிகமாய் பெறப்படும். அங்கு வேனிற்காலமாயிருக்கும். அக்காலப் பகுதியில் தென்னரைக் கோளத்தில் சூரிய வெளிச்சமும் வெப்பமும் அதிகமாய் பெறப்படாததால், ஆங்கு குளிர்காலமாயிருக்கும். ஆறு மாதங்களுக்குப் பிறகு, வடவரைக் கோளத்தில் குளிர்க்காலமும் தென்னரைக் கோளத்தில் வேனிற்காலமும் ஏற்படும். உலகிலுள்ள ஒவ்வோரிடத்திலும், ஓராண்டிற்குள் சூரியக் கதிர்கள் விழும் திக்குக் கோணத்தளவு $23\frac{1}{2} \times 2 = 47°$ வரை வேறுபடும். எனவே ப்ருவநிலை சடீரென மாறுது படிப்படியாய் மாறிவரும். ஈக்வேடரிலும் அதற்கு வடக்கேயும் தெற்கேயும் $23\frac{1}{2}°$ லாடிட்யூடு எல்லைக்குள்ள பிரதேசங்களிலும் சூரியக் கிரஹணங்கள் செங்குத்தாயும் செங்குத்தினின்று இரு வாட்டங்களிலும் இடத்திற்கேற்றவாறு சாய்ந்தும் முறையே விழுந்துவரும். அவ்வெல்லைக்குட்பட்ட பிரதேசம், 'டார்ரிட்ஜோன்' எனப்படும். அங்கு வெயில்கால வெப்பநிலையை விட குளிர்கால வெப்பநிலை அதிகமாய்க் குறையாது. $23\frac{1}{2}-66\frac{1}{2}°$ லாடிட்யூடுக்கு இடைப்பட்ட பிரதேசங்களில் சூரியக் கிரணங்கள் என்றும் செங்குத்தாய் விழா. அவற்றில் இடத்திற்கேற்றவாறு அதிகச்சாய்வுக் கோணமும்,

குறைந்தசாய்வுக் கோணமும் இருக்கும். அப்பிரதேசங்கள் 'டெம்பரேட் ஜோன்கள்' எனப்படுகின்றன. அப்பிரதேசங்களில் வெயில் காலத்து வெப்பநிலை குளிர்காலத்தினதினின்று அதிகமாய் வேறுபடும். நான்கு பருவகால வேற்றுமைகள் நன்கு தோன்றும். $66\frac{1}{2}^{\circ}$ லாடிட்யூடுக்கும் துருவங்களுக்கும் இடைப்பட்ட பிரதேசங்கள் 'பிரிஜிட் ஜோன்கள்' எனப்படுகின்றன. ஆங்கும் பருவகாலங்களையொட்டி வெப்பநிலை அதிகமாய் மாருது.

பருவகாலங்களையொட்டி, ஒவ்வோரிடத்திலும் பகற் பொழுதினளவும், இராப் பொழுதினளவும் ஓராண்டில் நாளுக்குநாள் வேறுவட்டு வருகின்றன, ஈக்வேடரில் மட்டும் அவ்வாறு வேறுபடாது. எந்நாளிலும் பகற்பொழுது பன்னிரண்டு மணியாகவும் இராப்பொழுது பன்னிரண்டு மணியாகவும் இருக்கும். மார்ச்சு 21ம் தேதியன்றும் செப்டம்பர் 23ம் தேதியன்றும் உலகிலுள்ள எல்லா இடங்களிலும் பகற்பொழுது பன்னிரண்டுமணி நேரமாயும் இராப்பொழுது பன்னிரண்டு மணி நேரமாயும் இருக்கும். மார்ச் 21ம் தேதியிலிருந்து ஜூன் 21ம் தேதிவரை வடவரை கோளத்து இடங்களில் பகல் நேரத்தினளவு முறையே அதிகமாகிவரும். அவ்வளவு இடத்தைப் பொருத்திருக்கும். தென்னரைக் கோளத்து இடங்களில் பகற்பொழுதளவு குறைந்து வரும். ஜூன் 21ம் தேதியன்று வடவரைக் கோளத்து இடங்களில் எல்லாம் பகற்பொழுது

அதிகபக்ஷ அளவாக இருக்கும்; தென்னரைக் கோளத்து இடங்களில் எல்லாம் பகற்பொழுது குறைந்தபக்ஷ அளவாயிருக்கும். ஜூன் 21ம் தேதியினின்று டிசம்பர் 21ம் தேதிவரை வடவரைக் கோளத்து இடங்களில் பகற்பொழுது குறைந்து வரும்; தென்னரைக் கோளத்து இடங்களில் பகற்பொழுது அதிகமாகிவரும். டிஸம்பர் 21ம் தேதியன்று வடவரைக் கோளத்து இடங்களில் பகற்பொழுதளவு குறைந்தபக்ஷமானதாயும், தென்னரைக்கோளத்து இடங்களில் அதிகபக்ஷமானதாயும் இருக்கும். பகற்பொழுதின் அளவு அதிகமாயுள்ள நாட்களில் சூரியவெப்பம் அதிகமாய் பெறப்படும். பகற்பொழுதின் அளவு குறைந்துள்ள நாட்களில் சூரிய வெப்பம் குறைவாய்ப் பெறப்படும். அதையொட்டியும் வெதர் மாற்றங்கள் தோன்றுகின்றன.

நமது உலகின் சுழற்சி ஆயம் கோளகையின் (ஆர்பிடின்) பிளேனுக்கு $23\frac{1}{2}°$ சாய்ந்துள்ளது எனக் கூறினேம். ஆயினும் அச் சாய்வின் அளவு ஆண்டுக்கு ஆண்டு சற்று வேறுபடுகின்றது. அதையொட்டியும் பருவகால முறை ஆண்டுக் காண்டு சற்று வேறுகி வருகின்றது.

உலகின் பல பாகங்களின் கிளேமேட்டுகள், பருவகால மாறுதல்களை யொட்டியும், அவற்றின் லாடிட்யூடை யொட்டியும் முறையே எவ்வாறு ஏற்படுகின்றன எனக் கூறினேம், கிளேமேட் வேறு

பல பான்மைகளையும் யொட்டி அமைவது. ஓர் பிர தேசத்தின் நீர், நிலப்பாங்கியலையும், கடலினின்று அதுவுள்ள தூரத்தையும், காற்று வீசும் முறையை யும், கடல் மட்டத்திற்கு மேலுள்ள உயரத்தையும், காடுகளின் அண்மையையும், மழை வீழ்ச்சி யளவை யும் பொருத்து ஏற்படுவது.

பொதுவாக, பருவக் காற்றுகள் வீசும் முறை யைக் கவனிக்கலாம். துருவப்பிரதேசங்கள் குளிர்ந் தவை. ஈக்வேடர் பாங்குகள் உஷ்ணமானவை. ஈக்வேடர் பாங்குகளிலுள்ள காற்று வெப்பமாகி மேலெழுகின்றது. அக் காற்றிருந்த இடத்தை நோக்கி துருவப் பிரதேசத்துக் குளிர் காற்று வீசுகின்றது. ஈக்வேடர் பாங்கினின்று மேலுழும் பிய காற்று துருவப் பிரதேசங்களை அடைகின்றது. அவ்வாறான நிகழ்ச்சிகள் தொடர்ந்து நடைபெறு கின்றன. எக்ஸலிவர்ச்சி ஓட்டக்கால்கள் (கன்வக் ஷன் கரண்டுகள்) ஏற்படுகின்றன. பூமி மேற்கி னின்று கிழக்கே சுழல்வதால், வடக்கே யிருந்து வரும் காற்று வட கிழக்கிலிருந்து வருவதைப் போலாகின்றது. தெற்கேயிருந்து வருங் காற்று தென் கிழக்கிலிருந்து வருவதைப்போலாகின்றது. வேறு பல விளைவுகளை யொட்டியும் காற்றின் வேக மும் திக்கும் அமையும். ஈக்வேடரை நோக்கி அடிக்கும் அக் காற்றுகள் 'வியாபாரக் காற்றுகள்' (டிரேட் விண்டுகள்) எனப்படுகின்றன.

மற்ற பலவகையான காற்றேட்டங்களும் ஏற்படுகின்றன. நமது நாட்டில் அடிக்கும் 'பருவ மாருதங்கள் (மான்ஸூன்கள்) ஸைபீரியாப் பிரதேசம், குளிர் காலத்தில் மிகக் குளிர்வதையும், வேனிற் காலத்தில் அதி வெம்மையாவதையும் யொட்டி வீசுகின்றவை. குளிர் காலத்தில் அந் நிலப்பாங்குகள் மிகவும் குளிர்கின்றமையின், அங்கிருந்து தென்முகமாய் அக்காற்று செல்கின்றது. தென்முகமாய்ச் செல்வதால், பூமியின் சுழற்சியை யொட்டி, வடகிழக்கினின்று செல்லும் காற்ருகின்றது அதுவே வடகிழக்குப் பருவமாருதம் (மான்ஸூன்) எனப்படுகின்றது. சீனக்கடலின் வழியேயும் இந்துக்கடலின் வழியேயும் அம்மாருதம் அடிக்கின்றது. வேனிற்காலத்தில் ஸைபீரியாப் பிரதேசம் அதி வெம்மையாகின்றதால், சூடான காற்று மேலெழும்பிச் செல்கின்றது. அவ்விடத்திற்கு ஈக்வேடர் பிரதேசத்தினின்று காற்று அடிக்கின்றது. தெற்கேயிருந்து அடிக்கும் காற்று, பூமிச் சுழற்சியை யொட்டித் தென்மேற்கினின்று அடிக்கும் காற்ருகின்றது. அது தென்மேற்குப் பருவ மாருதம் (மான்ஸூன்.)

கடல்களிலும் ஏரிகளிலும் இன்னும் பல நீர் நிலைகளிலுமுள்ள நீர், சூரிய வெப்பத்தால் சூடாகி, அவற்றில் நீரிலொரு பகுதி நீராவியாகி பவனத்தில் எழுகின்றது. பவனத்தில் ஓரளவைவிட அதிகமான நீராவி அமைந்திருக்க இயலாது. அவ்வளவு பவனத்தின் வெப்ப நிலையைப் பொருத்துள்ளது. எனவே

அதிகவளவு நீராவியேற்றுயுள்ளபோது வெப்ப நிலை குறைந்தால், அதிகமான நீராவி நீராகின்றது. அது மழையாய்ப் பொழிகின்றது.

மேகங்கள் பலவகையினவை. அரை மைல் முதல் முக்கால் மைல் உயரம் வரையுள்ளவை 'படர்' (ஸ்ட்ரேடஸ்) மேகங்கள். முக்கால் மைல்—ஒன்றேகால் மைல் வரை—பதும முகில்கள் (நிம்பஸ்) உள்ளன. ஒன்றேகால் மைல்—ஒன்றேமுக்கால் மைல் வரை—நிவக (க்யூமலஸ்) மேகங்கள். இரண்டு மைல்—ஏழு மைல் வரையுள்ளவை சுரியல் (ஸிர்ரஸ்) மேகங்கங்கள். சூரிய வெளிச்சம்பட்டு, பல நிறங்களுடன் பிரகாசிக்கும் மேகங்கன் 'அரிதத் திகழ்' (இரிடஸண்ட்) மேகங்கள் மென்மையான நிறங்களுடனுள்ளவை முத்துச்சிப்பி (மதர்ஆப் பர்ல்) மேகங்கள்.

ஒரோர் போழ்து பவனத்தில் 'தாழ்நாட்புகள்' என்ற காற்றுச் சுழிகள் ஏற்படுகின்றன. அவை ஸ்ட்ராடாஸ்பியரில் முதலில் ஏற்பட்டு பிறகு கீழ் வாட்டமாய் இறங்குகின்றன எனக் கருதப்படுகின்றது. தாழ்நாட்புகளில் (டிப்ரஷனில்), காற்று அமுக்க மதிகமான இடத்திலிருந்து அமுக்கம் குறைந்த இடத்திற்கு அடிப்பதில்லை. அதற்குள் சுழன்று சுழன்று அடித்துக்கொண்டிருக்கும். வட வரைக் கோளத்தில் ஏற்படும் தாழ்நாட்பு (டிப்ரஷன்) ஒன்றின் தென்னோரத்தினின்று அடிக் கும் காற்று வெப்ப நிலை அதிகமானதாயும், அதிக

நீராவியைக் கொண்டதாயும் இருக்கும். வடவோரத்திநின்று அடிக்கும் காற்று குளிர்ந்ததாய் இருக்கும். குளிர்காற்று வெப்பக் காற்றை விட செறிவு அதிகமானதால், வெப்பக் காற்று குளிர் காற்றின் மீது எழும். மேலெழும்பிய காற்று விரியும். அதிலிருந்த நீராவி நீர்த்துளிகளாய் ஆகி, மழை பெய்யும். தாழ்நாட்டைை யொட்டி அடிக்கும் காற்று மழை 'சூறுவளி' (ஸைக்ளோன்) எனப் படுவது.

ஓரிடத்தில், ஒரு நாட்பொழுதின் வெதரை யொட்டிய பவனவியல்கள்—வெப்ப நிலே—அமுக்கம்—காற்றின் போக்கு—நீராவியின் வீதம்—மழை வீழ்ச்சியினளவு என்றவற்றை அளவிடுவதற்கான தக்க கருவிகளமைக்கப்பட்ட நிலேயம் உம்பர் நிரை காணியியல் (மீடரலாஜிகல்) நிலேயம் எனப்படும். அவ்வகை நிலேயங்கள் உலகில் பல இடங்களில் நிறுவப்பட்டுள்ளன. பல நுட்பமான அளவிடு கருவிகள் அவற்றில் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. அவற்றைக்கொண்டு நாள்தோறும் அவ்வவ்விடத்து வெதர்களின் பாற்பட்ட அளவைகள் முறையே செய்யப்படுகின்றன. உடனே அவ்வளவைகள் ரேடியோ மூலம் நடுநிலேயமொன்றிலுக்கு அறிவிக் கப்படுகின்றன. ஆங்கு பெரிய நாட்டுப்படமொன் றில் அவ்வவ்விடங்களே யொட்டிய அளவைகள் முறையே குறிப்பிடப்படுகின்றன. அளவைகளே யொட்டிய கோடுகள் வரையப்படுகின்றன. அவற் றைக்கொண்டு அடுத்த ஒன்றிரண்டு நாட்களில்

வெதர் எவ்வாறிருக்கும் என முன்னரே ஒருவாறு நிலவரப்படுத்திக் கூறப்படும்.

திட்டமான விஞ்ஞான முறையை யொட்டி, இரண்டு நாட்களுக்குப் பிறகு, வெதர் எவ்வாறிருக்கும் என நிலவரப்படுத்திக் கூற இயலாது. இரு நாட்களினதை யறிந்துகொள்வதால் கூட கப்பலோட்டிகளுக்கும், ஆகாய விமானிகளுக்கும் அதிக பயனுண்டு. மிகவரையான காலத்தில் (லாங்கு ரேஞ்சில்) வெதர் எவ்வாறிருக்கும் என்பதை முன்னரே அறிவதிலுலேயே விவசாயிகளுக்கும் இன்னும் பலருக்கும் நன்மையுண்டு. எனவே திட்டமான விஞ்ஞான முறையை யொட்டி வெதர் ஜோஸ்யம் கணிக்கப்படுவதற்கான வழிகளைக் கண்டு பிடிப்பதற்கென ஆராய்ச்சிகள் செய்யப்பட்டு வருகின்றன.

XV

வேளாண்மை

நமது நாட்டில் வேளாண்மையே முக்கியமான தொழில். பயிர்கள் செழிப்பாய் வளர்ந்தால் நாட்டு மக்களும் வளமுடையராவார்கள். பயிர்கள் செழித்தோங்க, நிலம் வளமாயிருக்கவேண்டும். பயிர்கள் நிலத்தினின்று எடுத்துக்கொள்ளும் பொருள்களில் முக்கியமானவை நைட்ரேட்டுகளும் பாஸ்பேட்டுகளும். அவை நிலத்தின் அமைபொருள்களாய் ஏற்பட்டவையல்ல. காற்றிலுள்ள ஆக்ஸிஜனும் நைட்ரஜனும் மின்னலையொட்டி ஐக்கியம் (கம்பைன்) ஆகிய பொருள் மழை நீருடன் கலந்து நிலத்தில் ஊறுகின்றதினாலேயே நைட்ரேட்டுகள் நிலத்தில் அமைகின்றன. குறித்த காலத்திற்குள் அவ்வாறு அமையும் நைட்ரேட்டுகளின் அளவு சொற்பமாகவேயிருக்கும். நிலத்தை அடிக்கடி பயிரிட்டு சாகுபடி செய்து வந்தால், அதிலுள்ள நைட்ரேட்டினளவு குறைந்துவரும். நிலத்தின் வளம் குன்றும். அதை ஈடுகட்டவே நிலத்திற்கு எருவடிக்கப்படுகின்றது.

வளங்குன்றின நிலங்களை நெடுங்காலத்திற்குத் தரிசாய் விட்டுவைத்தால் அவை மீண்டும வளமானவையாய் ஆகலாம். அமெரிக்க நாட்டில் அம்முறை அனுசரிக்கப்படுகின்றது. பழம் புலங்கள் தரிசாய் விடப்பட்டு, புது நிலங்கள் சாகுபடிக்குத்

த்குந்தவாறுய் திருத்தப்படுகின்றன. அப்படிச் செய்தும், புது நிலங்கள் கிடைப்பது அரிதாய்விட்டது. குளிர்ப் பிரதேசங்களிலுள்ள நிலங்களில் பயிரிட்டு சாகுபடி செய்கின்றனர். ஆங்கு, சில மாதங்களே நீடிக்கும். வேனிற்காலத்திற்குள் விளைந்து பலன் தரும் வகையான விசேஷ வகை கோதுமை பயிரிடப் படுகின்றது. வரண்ட நிலத்தில், பயிரிடப்பட்டு பலன் தரும் கோதுமை வகைகளும் கண்டுபிடிக் கப்பட்டுள்ளன.

நிலத்தின் வளம் அதிகமாய்க் குன்றுதவாறு சாகுபடி செய்யும் வகையொன்றுண்டு அது 'சுற்றுமாற்றுப் பயிர் வளாவல்' முறை (ரொடேஷன் ஆப் கிராப்ஸ்) எனப்படும். அவரை, மொச்சை, குளகு, இன்னோரன்ன பயிர்களின் வேர்களில் பாக்டீரியாக்கள் வாழ்ந்து இறந்து, அவற்றின் புரோடீன்கள் பயிர்களுக்குதவுமாறு ஆகின்றது எனக் கூறியுள்ளோம். அறுவடையான நிலத்தில் அவ் வகைப் பயிர்களை முளைக்கச்செய்து, அவை வளர்ந்த பின் அவற்றை நிலத்தில் அழுத்தி உழுதுவிட்டால், நிலம் வளம்பெறும். அடுத்த போகத்து தானியப் பயிர் நன்றுய் விளையும்.

செயற்கை உரங்களை உபயோகித்தும் நிலத்தின் வளத்தைப் பெருக்கலாம். செயற்கை உரங்கள், நைட்ரேட்டுகளும் ஸூபர் பாஸ்பேட்டுகளும். எலும்புத்தூளைக் கந்தகத் திராவகத்துடன் (ஸல்ப்யூரிக் ஆஸிடுடன்) சேர்த்து காய்ச்சுவதால் ஏற்படு

வது ஸூபர்பாஸ்பேட். உலகில் சில பாகங்களில் பட்லங்களாய்ப் படிந்துள்ள பாஸ்பேட் பொருள்களை வெட்டியெடுத்தும், ஸூபர் பாஸ்பேட்டுகள் செய்யப்படுகின்றன. நைட்ரேட்டுகள், தென் அமெரிக்காவிலுள்ள 'சில்லி' என்ற நாட்டிலுள்ள பாறைகளினின்று வெட்டியெடுக்கப்பட்டு உலகின் பல பாகங்களுக்கும் ஏற்றுமதி செய்யப்படுகின்றன. அதைத் தவிர வேறு பல ரஸாயனிய தொழிற்சாலைகளிலும், செயற்கையாய் நைட்ரேட்டுகள் செய்யப்படுகின்றன. ஒரு முறையை யொட்டி நிலக்கரியிலின்று நைட்ரேட்டுகள் செய்யப்படுகின்றன. பவன ஆக்ஸிஜனும் நைட்ரஜனும், மின்சாரப் பாய்ச்சலை யொட்டி ஐக்கியமாவதை (கம்பைன் ஆவதை) யொட்டி நைட்ரேட்டுகள் செய்யப்படும் முறை, மற்றொன்று. இன்னும் பல முறைகளும் உண்டு.

பயிர்களை அழிக்கும் பூச்சிகள் பலவுண்டு. அப்பூச்சிப் பீடைகள் ஒழிக்கும் வகைகள் பலவுண்டு. அவற்றில் முக்கியமானவை மூன்று. விளைமரபுவின்ஸல் (கல்சரல்) முறை என்பது ஒன்று. விதைத்தல்—எருவடித்தல்—அறுவடை செய்தல்—இஃதொன்ன சாகுபடி நிரல்களைச் செய்யும் காலங்களைத் தக்கவாறு மாற்றுவதாலும், நாற்று நடுவிதம்—எருவின் வகை—இன்னோரன்னவற்றைத் தக்கவாறு திருத்துவதாலும் சில வகைப் பூச்சிகளின் இனப்பெருக்கத்தைத் தடைசெய்து, அவற்றை ஒழிக்கலாம். பௌதிக—ரஸாயன முறை என்பது இரண்டாவது முறை. பூச்சிக் கொல்லிகள் (இன்ஸக்டி

ஸைடுகள்) என்ற ரஸாயனப் பொருள்களைப் பயிர் களின்மீது தெளிப்பதாலும், தூவுவதாலும், அப் பயிர்களிலுள்ள பூச்சிகளைக் கொன்றழிக்கலாம். பூச்சிகளைக் கொல்லும் விஷங்களில் நான்கு வகை கள் உண்டு. ஒன்று அவற்றில் புகுந்து கொல்லும் 'ஸ்டமக்' விஷங்கள். பூச்சிகள் மீது படச்செய்து கொல்லும் 'காண்டாக்ட்' விஷங்கள் இரண்டாம் வகையினவை. மூன்றும் வகையினவை, அவற்றைப் புகைத்துக் கொல்லும் 'ப்யூமிகண்டுகள்.' பூச்சி களைத் தோய்த்துக் கொல்லும் 'வாஷ்' விஷங்கள் நான்காம் வகையினவை. மற்றொரு பூச்சிப் பீடை யொழிக்கும் முறை 'உயிரிய நிகர்த்தியல்' (பயா லாஜிகல்) முறை எனப்படும். அம் முறையை யொட்டி, பயிரை யழிக்கும் பூச்சி இனத்தை ஆக்ர மித்து அழிக்கும் மற்றொரு பூச்சி யினத்தைக் கொண்டும், பயிரழிக்கும் பூச்சி யினத்தை மோனை யூட்டியாய் (ஹோஸ்டாய்) க்கொண்ட ஒட்டுணி இனங்களை விட்டும், பயிரழிக்கும் பூச்சி யினங்கள் ஒழிக்கப்படுகின்றன.

நல்ல விளைச்சல் பெறவேண்டுமாயின், பயிரிடப் படும் விதைகள் சிறந்தவையாயிருத்தல் வேண்டும். 'தேர்ச்சியியல்' (ஸெலக்ஷன்) முறையை யொட்டி நல்ல விதைகளைப் பெறும் வழிகள் பல அனுபவத் தைக் கொண்டு அறியப்பட்டுள்ளன. பரம்பரை வழியே வாய்ப்பியல்கள் (காரக்டரிஸ்டுக்குகள்) ஏற்படுவதை யொட்டி அறியப்பட்டுள்ள விஞ்ஞான விதிகளைத் தொடர்ந்தவாறு, இக்காலத்து விவசாய

ஆராய்ச்சி நிலையங்களில் 'கிராஸிங்குகள்' செய்யப் பட்டு, சோதனைகள் செய்யப்பட்டு வருகின்றன. விஞ்ஞானியமாக 'கிராசிங்' செய்து சிறந்த விதை களைப் பயக்கும் வழிகள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன. சில மாதங்களுக்குள்ளாகவே விளைச்சல் தரும் கோதுமை வகையும், வரண்ட நிலத்திலும் வளர்ந்து பலன் தரும் கோதுமை வகையும் விஞ்ஞானிய 'கிராஸிங்கு' வழியே பயக்கப்பட்டவை.

விவசாயப் பண்ணையுடன் நெருங்கிய தொடர்பு கொண்ட மற்ற தொழில்கள், கால்நடை வளர்த்தல், கோழி வளர்த்தல் என்பன. சிறந்த வகையான கால்நடைகளையும், சிறந்த வகையான கோழிகளை யும் பிறக்கச் செய்யும் வழிகள், விஞ்ஞானியமான கிராஸிங்கை யொட்டி அறியப்பட்டுள்ளன, உதா ரணமாக, பால் சுரக்குமியல் 'லைக்லைலிங்குடு' முறையை யொட்டி பாரம் பரியமாக ஏற்படுவது என அறியப்பட்டதால், பால் சுரக்கும் பசுக்கள் ஈன்றலாகுமாறு செய்ய இயல்கின்றது.

அமெரிக்கா—டென்மார்க்கு — ஸ்வீடன் — ஜப் பான் — ரஷ்யா — இங்கிலாந்து என்ற நாடுகளில் அரசியலரால் நிறுவப்பட்ட விவசாயப் பண்ணை களும், கால்நடை பயிர் வளர்ச்சி (காட்டி அண்டு பிளாண்டு பிரீடிங்கு) நிலையங்களும் பலவுள்ளன. அவற்றில் வேலை செய்கின்றவர் விவசாயிகளுடன் நெருங்கிய தொடர்புகொண்டுள்ளனர். பல்கலைக் கழகங்களிலும் விவசாய ஆராய்ச்சிகள் பல செய்யப்

பட்டு வருகின்றன. விவசாயத்தின் பாற்பட்ட விஷயங்கள் முறையே, பல்கலைக் கழகத்தினரால் ஆராய்ச்சி செய்யப்படவேண்டுமென இங்கிலாந்தின் பார்லிமெண்டார் நியமித்துள்ளனர். சில மாதங்களுக்குள் விளையும் கோதுமை வகையும், வரண்ட நிலத்தில் விளையும் வகையும் 'கேம்பரிட்ஜ்' பல்கலைக் கழக ஆராய்ச்சியாளரால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டவை. பால்சுரக்கும் பசுக்கன்றுகளை யொட்டிய ஆராய்ச்சிகள் எடின்பரோ பல்கலைக் கழகத்தில் செய்யப்பட்டன.

XVI

தொழிற் கலை

இற்றைக்காலம் 'உலோக காலம்' எனப்படுவது. நாம் உலோகங்களால் செய்யப்பட்ட பண்டங்களை அதிகமாய்ப் புழங்குகிறோம். பொதுவாய் மற்ற அடிப்பண்டங்களுடன் (எலிமண்டுகளுடன்) ஐக்கியமாகாது (கம்பைனுகாது) சுரங்கங்களிலமைந்துள்ள உலோகங்கள் பொன்னும் பிளாடினமும், செம்பும் சிலவிடங்களில் கலப்பற்றுள்ளது. மற்ற உலோகங்கள் வேறு அடிப்பண்டங்களுடன் ஐக்கியம் (கம்பைன்) ஆனவாறே வெட்டி எடுக்கப் படுகின்றன. பொதுவாக அவை, ஆக்ஸைடுகளாயும் ஸல்பைடுகளாயும் உள்ளன. பல உலோகக் கலப்பான வங்காரங்களும் (ஓர்களும்) உள்ளன.

உலோக வங்காரம் (ஓர்) ஒன்றினின்று சுத்த உலோகத்தைத் தனிப்படுத்தெடுக்கும் முறை 'உலோகக் காய்ச்சக் கற்றல்' (மெடலர்ஜி) எனப் படும். முக்கியமான சில உலோகங்களின் மெடலர்ஜியைப் பற்றிக் கூறலாம்.

வெள்ளீயத்தின் வங்காரங்கள் (ஓர்கள்) ஆக்ஸைடுகள். வங்காரம் (ஓர்) துண்டுதுண்டாய் உடைக்கப்படுகின்றது. சற்று நீர் சேர்ந்தவாறு இடித் தரைக்கப்படுகின்றது. அச் சேற்றுக் குழம்பினூடே நீர் பாசனமாகின்றது. செறிவு குறைந்த

மணல், கல் குழம்பு அடித்துக்கொண்டு போகப் படும். செறிவு அதிகமான வெள்ளிய ஆக்ஸைட் தங்கும். அவ் வெள்ளிய ஆக்ஸைட் நிலக்கரித் தூளுடன் சேர்க்கப்பட்டு, கலித்தலுலை (ரீவர்ப ரேடிங்குபர்னஸ்) என்றதில் காய்ச்சப்படுகின்றது. வெள்ளிய ஆக்ஸைட் சிதிலமாகி (டீ கம்போஸ் ஆகி) அதிலிருந்த ஆக்ஸிஜனும் கார்பனும். ஐக்கியம் (கம்பைன்) ஆகி கார்பன் மனுக்ஸைட் வாயு வெளி யேறுகின்றது. வெள்ளிய உருக்குத் திரவம் தங்கு கின்றது. அது தக்கவழியே சுத்தம் செய்யப்படு கின்றது. பிறகு குளிர்ந் துறைந்து வெள்ளியக் கட்டியாகின்றது.

இரும்பு வங்காரங்களில் முக்கியமானவை ஹேமாடைட், மாக்னிடைட், பிரைட் எனப்படு பவை. ஹேமாடைடும் மாக்னிடைடும் ஆக்ஸைடுகள். பிரைட், ஸல்பைட், காற்று வீச்சு உலை (பிளாஸ்ட் பர்னஸ்) என்றதில் காய்ச்சப்பட்டால், அது ஆக்ஸை டாய் ஆகின்றது. அதன் பிறகு மூவகை வங்காரங் களையும் காய்ச்சி இரும்பை யெடுக்கும் முறை ஒரே வாறுனது. வங்காரங்கள் (ஓர்கள்) இடித்துத் தூளாக்கப்பட்டு, நிலக்கரிப் பொடியுடனும் சுண் ணும்புக்கட்டிப் பொடியுடனும் சேர்க்கப்பட்டு 'பிளாஸ்ட்பர்னஸில்' காய்ச்சப்படுகின்றது. உலைக் கலத்திறுள் முதலில் கார்பன் மானுக்ஸைட் பயக்கப் படும். அது இரும்பு ஓரிலுள்ள ஆக்ஸிஜனுடன் ஐக்கியம் (கம்பைன்) ஆகி கார்பன் டைஆக்ஸைடாய் ஆகின்றது. இரும்பு சுண்ணும்புக்கட்டிப் பொடி

யுடனும் கரிப்பொடியுடனும் கலந்து இருக்கும். சுண்ணாம்புக்கட்டிப்பொடி (கால்ஷியம் கார்பனேட்) சுண்ணாம்பாயும் (கால்ஷியம் ஆக்ஸைடாயும்) கார்பன் டைஆக்ஸைடாயும் சிதிலம் (டீ கம்போஸ்) ஆகின்றது. வங்காரத்தின் (ஓரின்) கற்பொடியும் சுண்ணாம்பும் கசடுத் திப்பியாய் (ஸ்லேக்காய்) உலைக் களத்தின் கீழ்வாட்டமாய் இறங்கும். அதிகமாயுள்ள கார்பனும் கார்பன் டைஆக்ஸைடும் ஐக்கியம் (கம்பைன்) ஆகி கார்பன் மானாக்ஸைடாய் உலையின் புகைப்போக்கி வழியே வெளியே சென்றுவிடும். மீதியான கரித்தூளும் இரும்பும் கசடுத் திப்பியுடன் (ஸிலாகுடன்) கீழிறங்குகின்றன. அப்பகுதியில் பலமான காற்றுவீச்சிருக்கும். எஞ்சிய கரித்தூளும் கார்பன் மானாக்ஸைடாய் ஆகி வெளியேறிவிடும். இரும்பும் கசடுத்திப்பியும் (ஸிலாகும்) சூடு உறைத்து உருகுகின்றன. செறிவு குறைந்த கசடுத் திப்பி (ஸிலாகு) உருக்குத் திரவம் மேலே தங்கி நிற்கும். செறிவு அதிகமான இரும்புருக்குத் திரவம் கீழே அமையும். உலைக்களத்திலின்று வெளியே செல்லும் வயவைகளின் வழியே அவை தனிப்பட்டவாறு இறக்கப்படும். இரும்புருக்குத் திரவம் தக்க வார்ப் பச்சுக்களினுள் செலுத்தப்பட்டு வார்க்கப் படும்.

செப்பு வங்காரங்களும் (ஓர்களும்) ஸல்பைடுகளும்ஆக்ஸைடுகளுமே. அவற்றினின்று செம்பு மேற் கூறப்பட்ட முறையை யொட்டியே பிரித்தெடுக்கப் படும். மின்தெற்றல் (எலக்ட்ராலிஸிஸ்) முறையை யொட்டி சுத்தமாக்கப்படுகின்றது.

அல்யூமினியம், 'பாக்ஸைட்' என்ற வங்காரமாய் வெட்டி யெடுக்கப்படுவது. 'பாக்ஸைட்' கலப்பான அல்யூமினியம் ஹைட்ராக்ஸைடு. அது காஸ்டிக் சோடாவுடன் சேர்க்கப்பட்டு, அமுக்கத்திற் குட்பட்டவாறு காய்ச்சப்படும். அது நீரில் கரையக் கூடிய ஸோடியம் அல்யூமினிடாய் ஆகின்றது. மற்ற கலப்புப் பொருள்கள் நீரில் கரையாதவை, வடி கட்டப்பட்டு அவை அகற்றப்படுகின்றன. வடி கட்டியினூடே இறங்கிய தெளிந்த திரவம் ஆறும் போது சிதிலம் (டீ கம்போஸ்) ஆகின்றது. சுத்தமான அல்யூமினியம் ஹைட்ராக்ஸைட் படிகின்றது. அது சூடாக்கப்படுகின்றது. நீர் வற்றி சுத்த அல்யூமினிய ஹைட்ராக்ஸைட் கட்டிகளாய் ஆகின்றது. அது மின் தெற்றல் (எலக்ட்ராலிஸிஸ்) முறையை யொட்டி சிதிலமாக்கப்படும். (டீ கம்போஸ்) செய்யப்படும். சுத்தமான அல்யூமினிய உலோகம் படியும்.

ரஸாயனிய காரியங்களை யொட்டி, உலோகங்கள் மூன்று தொகுதிகளாய் வகையீடு செய்யப்பட்டுள்ளன. அவை பின்வருமாறும்.

(1) மாற்றச் சவையியல் (ரீ ஆக்டிங்) உலோகங்கள். இத்தொகுதியில், ஸோடியம்—பொடாஷியம்—கால்ஷியம்—மக்னீஷயம் என்றவையும் இன்னும் நான்கைந்து அரிதான உலோகங்களும் அடங்குபவை. அவை நீருடன் விரைந்து சேர்ந்து ரஸாயன மாற்றமாகின்றவை. நீரிலுள்ள ஆக்ஸிஜனும்

உலோகமும் ஐக்கியம் (கம்பைன்) ஆகி ஆக்ஸைட் பயக்கப்படும்; ஹைட்ரஜன் விடுவிக்கப்படும். எனவே, அவை தனிப்பட்ட உலோகங்களாய் உதவாதவை. அவற்றின் உப்புகள் முக்கியமானவை.

(2) கன உலோகங்கள்: இவை நடை முதலில் அதிகமாய்ப் பயன்படுபவை. ஈரம்படுவதால் அதிகமாய் அரிக்கப்படுவதில்லை. அவற்றில் பல ஆஸிட்களால் கரைக்கப்படுகின்றன. அவற்றில் முக்கியமானவை தகரம் (வெள்ளீயம்)—காரீயம்—ஆண்டிமனி—செம்பு—துத்தநாகம்—பாதரஸம்—குரோமியம்—இரும்பு—நிக்கல் என்றவை. கன உலோகங்கள், உறுதி (டப்னெஸ்), முரண் (டெனாஸிடி), கடினம் (ஹார்ட்னெஸ்) என்ற பண்புகளைக் கொண்டவை. அவற்றை வார்க்கலாம்; கடசல் செய்யலாம். அவை மின்-கடத்திகள் (எலக்ட்ரிக் கண்டக்டர்கள்). அவற்றின் உப்புகளும் முக்கியமானவை.

(3) மாட்சிமை உலோகங்கள்: வெள்ளி, பொன், பிளாடினம் என்றவையும் இன்னும் சில அரிதான உலோகங்களும் இத்தொகுதியில் அடங்குபவை. இவ்வுலோகங்கள் வெந்தணல் வெப்பநிலைக்குச் சூடாக்கப்பட்டாலும் ஆக்ஸிஜனுடன் ஐக்கியம் (கம்பைன்) ஆவதில்லை; பளபளப்பு மங்காதுள்ளவை. வெள்ளி நைட்ரிக் ஆஸிடாலும், தீவிர (ஸ்ட்ராங்கு) ஸல்ப்யூரிக் ஆஸிடாலும் அரிக்கப்படும். மற்றவை ஆஸிட்களால் அரிக்கப்படாதவை. உப்புகள் முக்கியமானவை.

உலோகங்களில் இரண்டோ, பலவோ கலந்து வாறு உருக்கப்படுவதால் ஏற்படும் பொருள்கள் 'அளாவல்கள்' (அல்லாய்கள்) எனப்படும். நூற்றுக்கணக்கான அல்லாய்கள் பயன்பட்டு வருகின்றன. ட்யூராலுமின் (94% அலுமினியம், 40% செம்பு, 1% மாங்கனீஸ், நுண்ணளவு ஸிலிகான்), பற்றியம் (காரீயமும் வெள்ளீயமும்), மாசில்லா எஃகு (86% இரும்பு, 13% குரோமியம, 1% நிக்கல்), வெண்கலம் (87½% செம்பு, 12½% வெள்ளீயம்). பித்தளை (67% செம்பு, 33% துத்தநாகம்), ஜெர்மன் ஸில்வர் (செம்பு, நிக்கல், துத்தநாகம், தகரம் தக்க வாறு வேற்றுமையான வீதமாய்க் கொண்டது), என்றவை சில முக்கிய அளாவல்கள் (அல்லாய்கள்).

ரஸாயன விஞ்ஞானிகள் கலவைப் பொருள்களினின்று சுத்தமான பொருள்களைத் தனியே பிரித்தெடுப்பதற்கென சில செய்படு நிரல்களை (புரோஸஸ்களை) க்கையாள்கின்றனர். அவற்றில் முக்கியமானவை 'பிரியாவிச் சொட்டுவணைதல்' (டிஸ்டிலேஷன்)என்பதும், படிகமுருவியல்வணைதல் (கிரிஸ்டலிசேஷன்) என்பதும் முக்கியமானவை.

புளித்தேறலான (பர்மெண்டான) மதுவத்திலிருந்து (லிக்கரிலிருந்து) சுத்தமான சாராயம் (ஆல்கோஹால்) காய்ச்சி இறக்கப்படும் முறை 'பிரியாவிச்சொட்டுவணைதல்' (டிஸ்டிலேஷன்) முறையையொட்டியது. சுத்தமான ஆல்கோஹால் பிரிக்கப்படவேண்டிய மதுவம் (லிக்கர்) நீரையும் ஆக்ஸிஜனை

யும் ஆவியாகாத திடப்பொருள்கள் சிலவற்றையும் கொண்டது. ஆல்கோஹாலின் கொதி வெப்பநிலை 78°C; நீரின் கொதி வெப்ப நிலை 100°C. ஆல்கோஹாலும் நீரும் சேர்ந்த கலப்புத் திரவம் சூடாக்கப் படுகின்றது. அத்திரவம் 85°C முதல் 90° வரையான வெப்ப நிலையில் கொதிக்கும். வெளிப்படும் ஆவி நீராவியையும் ஆல்கோஹால் ஆவியையும் கொண்டது. ஆல்கோஹால் மட்டும் 78°C வெப்ப நிலையில் கொதித்து ஆவியாய்ப் போய்விட்டு, நீர் மட்டும் மீதிப்பட்டு நின்றுவிடுவதில்லை. ஆயினும் 85°—90° வெப்ப நிலையில் திரவம் கொதித்து வெளிப் படும் ஆவியில் ஆல்கோஹால் ஆவி அதிகமாகவும் நீராவி குறைவாகவும் உள்ளன. அக் கலப்பாவி குளிர்விக்கப்படும். அதிலுள்ள நீராவி முதலில் நீராய் ஆகின்றது. எஞ்சிய கலப்பாவியில் நீராவி இன்னும் குறைந்திருக்கும். அவ்வாவி குளிர்ந்து திரவமாகின்றது. அத்திரவத்தில் ஆல்கோஹாலின் வீதம் அதிகமாகவும் நீரின் வீதம் குறைவாகவும் இருக்கும். அத்திரவம் மறுபடியும் 'பிரியாவிச் சொட்டல்' (டிஸ்டில்) செய்யப்படும். குளிர்விக்கப் பட்டு ஏற்படும் திரவத்தில் ஆல்கோஹாலின் வீதம் இன்னும் அதிகமாகும். பன்முறை 'பிரியாவிச் சொட்டல்' (டிஸ்டில்) செய்யப்பட்ட பிறகு ஆல்கோஹாலின் வீதம் மிக அதிகமாகவும் நீரின் வீதம் மிகக் குறைவாகவும் இருக்கும். பிரியாவிச் சொட்டலை (டிஸ்டிலேஷனை) யொட்டி நீரை முற்றும் நீக்க இயலாது.

திடப்பொருள்கள் 'படிகமுருவிவணைதல்' (கிரிஸ் டலைஸேஷன்) முறையை யொட்டி சுத்தஞ்செய்யப் படுகின்றன. அம்முறை, ஓரளவு வெப்ப நிலையில், ஓரளவான நீரில் பலபொருள்கள் வேற்றுமை யளவு களானவாறே கரைகின்றன யென்பதை யொட்டி யது. கலப்புப் பொருளை நீரில் கரைத்து அதைச் சூடாக்கினால் அப்பொருள் கரைந்துபோகும். பிறகு அக்கரையத்தைக் குளிர்வித்தால், குறைந்த வெப்ப நிலையில் அதிகமாய்க் கரையமாட்டாத பொருள் படிகமுருவிகளாய் (கிரிஸ்டல்களாய்)ப் படிந்துவிடும். அதை நன்ருய்க் கழுவி காற்றில் உலரவைத்தால் சுத்தமான பொருளாயிருக்கும்.

ரஸாயன விஞ்ஞான முறைகள் பல தொன்று தொட்டே வந்துள்ளவை. பல செய்படு வழிகள் (டெக்னிக்குகள்) புதிதாய் ஏற்பட்டுள்ளன. விஞ் ஞான விதியியல் முறை மாருதுள்ளது. மக்கள் தீயை மூட்டவும் அணைக்கவும் அறிந்த நாளிலேயே, ரஸாயன விஞ்ஞானம் ஆரம்பமாயிற்று எனலாம். தீயைப்பற்றி அறிந்துகொண்டதிருலேயே, குயத் தொழில் எழுந்தது. குயத்தொழில் செய்யப்பட்டு வந்ததிருலேயே, பலவகை அடுப்புகளும் உலைகளும் அமைக்கும் வழிகள் அறியப்பட்டன. அதன் பின் னரே உலோக வங்காரங்களை (ஓர்களை) அணலி லிட்டுக் காய்ச்சிப் பார்க்கலாம் என்ற எண்ணம் ஏற் பட்டது. உலோகத் தொழின் முறை ஏற்பட்டது. எனவே ஒரு தொழின் முறையில் முன்னேற்றம் ஏற் படுவதை யொட்டி மற்ருெரு தொழின்முறை துவக்க

மாகின்றது என அறிகிறோம். பல தொழின் முறைகளில் முன்னேற்றம் ஏற்படுவதை யொட்டியே விஞ்ஞான விதியியல் முறை (தியரி) ஏற்படுகின்றது. விதியியல் (தியரி) சிறப்பதால் பல புது தொழின் முறைகள் ஏற்படுகின்றன. ஆகவே விதியியல் விஞ்ஞானமும் தொழின் முறைகளும் கைபிணைத்துக் கொண்டே முன்னேறலாம் எனக் காண்கிறோம்.

XVII

ஆற்றல்

சக்தியைக்கொண்டே எல்லாக் காரியங்களும் செய்யப்படுகின்றன. வேலை செய்யக் கூடிய தகைமையே சக்தி. சக்தி பலவிதங்களாய் இருக்கலாம். அது வலிவுறுவியல் (மெகானிகல்), சூட்டியல், கதிர் வீச்சியல் (ரேடியண்டு), ரஸாயனவியல், பொருள் நசிவியல் என்றவற்றில் எவ்விதமாகவேனும் இருக்கலாம். ஒருவிதச் சக்தி மற்றொருவிதச் சக்தியாய் ஆகலாம். பொருளும் சக்தியும் வேறானவை அல்ல. சக்தி அழிவுறாதது. இவ்விஞ்ஞான விதி சக்தியின் 'கன்னியிருத்தலியல்' (கான்சர்வேஷன்) எனப்படும்.

செயல் முறையை யொட்டி ஓரளவுக் காலத்தில் செய்யப்படும் வேலையினளவு என்ன என அறிதலே முக்கியம். ஒரு ஸெகண்டு நேரத்தில், சக்தியின் வேலை செய்த்தகைமை எவ்வளவானது என்பதைக் குறிப்பிடும் விதவியல், அதன் வேலை செய்த்திறன் (பவர்) எனப்படும். பவர், குதிரை வேலை செய்த்திறன் (ஹார்ஸ் பவர்) என்ற பரிமாணத்தை யொட்டி அளவிடப்படுவது. நூறு பவுண்டு கனமுள்ள ஒருவர் இருபது அடி உயரத்துள்ள மாடிக்கு, ஏழு ஸெகண்டில் ஏறிச்சென்றால், அவரது 'பவர்' சுமாராக அரை ஹார்ஸ் பவர் இருக்கும்.

மிகவும் முற்பட்ட காலத்திலேயே, மக்கள் மற்ற பிராணிகளைப்பூட்டி வேலை வாங்கும் யுக்தியை அறிந்தனர். பவர் பூட்டல் (ஹார்னஸிங்கு பவர்) என்றது அந்நாளிலேயே துவங்கியது எனலாம். தம்முடலின் சக்தியைக் கொண்டல்லாது பிறவற்றின் சக்தியைக்கொண்டு வேலை செய்வித்துக் கொள்ளலை 'பவர் விளைவு' (ப்ரொடக்ஷன்) எனலாம். பவர் விளைவின் சரித்திரத்தை மூன்று பகுதிகளாய்ப் பிரிக்கலாம். அவை பண்டைக் காலத்து நிலைமை, இடைக்காலத்து நிலைமை, இக்காலத்து நிலைமை என்பவை.

அடிமைகளைக்கொண்டு வேலைவாங்கும் வழக்கம் நின்று, மற்ற பிராணிகளைப் பூட்டி வேலை வாங்கியதே, பண்டைக்காலத்துப் பவர் விளைவு முறை. அக்காலத்தே பாய்மரக்கப்பல்கள் கட்டப்பட்டு, காற்றின் பவரும் பயன்படத் துவக்கமாயிற்று. முதலில் பிராணிகளால் இழுக்கப்பட்ட வண்டிகள் சக்கரமில்லாத சருக்கு வகையினவை. குயத்தொழில் முன்னேற்றத்தால் சக்கரம் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. பிறகு சக்கரங்கள் மாட்டப்பட்ட வண்டிகள் செய்யப்பட்டன.

இடைக்காலத்தில் சகடவியல்கள் பல அறியப்பட்டன. நீர்ச்சகடைகள் (வாட்டர் வீல்கள்) நீர்ப்பாசனம் செய்ய உபயோகிக்கப்பட்டன. நீர் வீழ்ப் பவர் பூட்டப்பட்டது. இற்றைக்கு இருபது நூற்றாண்டுகளுக்கு முன்னரே பாபிலோனியாவிலும்

எகிப்திலும் அவ்வகை நீர்ச்சகடைகள் உபயோகத்தி லிருந்தன எனக் கூறுவதற்கான சான்றுகள் உள. பல் சக்கர இயல்களும் வசதிகளும் அறியப்பட்டன. இற்றைக்கு ஆயிரம் ஆண்டுகளுக்கு முன் காற்றுடி மில்கள் (விண்டு மில்கள்) அமைக்கப்பட்டிருந்தன என அறியப்பட்டுள்ளது. காற்றுச் சக்தியால் ஓட்டப்பட்ட இயந்திரங்கள் தோன்றின.

பதினேழாம் நூற்றாண்டின் இறுதிப் பகுதியில் நீராவியின் பவரைக்கொண்டு வேலை செய்விக்கப் படும் சாதனங்கள் சில கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. இக் காலத்துப் பகுதி அப்பொழுது துவக்கமாயிற்று எனலாம். சகடவியலின் பாற்பட்ட விஷயங்கள் பல நன்கு அறியப்பட்டமையின் நீராவி—சக்கர வியலான சாதனங்கள் திருந்திய நன்முறையில் அமைக்கப்படலாயின. நீராவிப் பவர் விளைவு பெருகலாயிற்று. அதை யொட்டி, சக்தி—பவர்—வலிமை—சூடு என்ற விஷயங்கள் பாற்பட்ட விதி யியல் விஞ்ஞானம் சிறப்புற்றது. நீராவி எஞ்சின் களில், 'ரெஸிப்ரோகேடிங்கு' வகை; 'டர்பைன்' வகை என்ற இரு வகைகள் இன்று உபயோகத்தி லுள்ளவை. இருவகை எஞ்சின்களிலும் நிலக்கரி எரிக்கப்படுகின்றது. நிலக்கரியும் காற்றும் ஐக்கியம் (கம்பைன்) ஆகும் ரஸாயனச் சக்தி சூட்டுச் சக்தியாய் வெளிப்படுகின்றது. அச் சூட்டால் நீர் கொதிக்க வைக்கப்பட்டு நீராவியாகின்றது. நீராவியின் சூட்டுச் சக்தியிலொரு பகுதி வேலை செய்யும் இயற்ற வியல் (மெகானிகல்) சக்தியாய் மாற்றப்படுகின்றது.

அம் மாற்றம் ஏற்படுத்தப்படும் விதங்கள் 'பெரலிப் ரோகேடிங்கு' வகையிலும், டர்பைனிலும் ஒரே வாருயில்லே. அவ் வேற்றுமையைப் பொருத்தவாறு அவற்றின் அமைப்பு முறைகளிலும் வேற்றுமைகள் உள்ளன. பொதுவாக, இருப்புப்பாதைகளின் மீது செல்லும் லோகோ மோடிவ்களும் அதிக ஹார்ஸ் பவர் இல்லாதவையும் 'ரெலிப்ரோகேடிங்கு' வகையினவை. கப்பல்களில் அமைக்கப்படுபவையும் அதிக ஹார்ஸ் பவரானவையும் 'டர்பன்' வகையினவை.

இருபதாம் நூற்றுண்டின் தொடக்கத்தில் பெட்ரோல் ஊற்றி யோட்டப்படும் 'உள்ளெ..' எஞ்சின்கள் (இண்டர்னல் கம்பஷன் எஞ்சின்கள்) கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. எண்ணெய் ஆவியும் காற்றும் சேர்ந்த கலவையில் மின்பொறி பாய்வதால் அவை ரஸாயனமாய் ஐக்கியம் (கம்பைன்) ஆவதை யொட்டிப் பயத்தப்படும் சூட்டுச் சக்தியில் பகுதியை வேலே செய்விக்கப்படும் சக்தியாய்மாற்றும் சாதனங்கள் 'உள்ளெரி' எஞ்சின்கள். க்ரூட் ஆயில் ஊற்றப் பட்டு வேலே செய்யும் டீஸல் எஞ்சின்களும், பலவகை எரிவாயுக்களைக் கொண்டு வேலே செய்யும் காஸ்-எஞ்சின்களும் உபயோகத்திலுள்ளன. ஆகாய விமானங்களில் பெட்ரோல் எஞ்சின்கள் அமைக்கப் பட்டுள்ளன.

காந்தப்புலத்தில் கம்பிச்சுருளை விரைவாய்ச் சுழற்றி மின்சாரம் உற்பத்தி செய்யலாம் எனக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. மின்சார உற்பத்தி செய்

வதற்கான டைனமோக்கள் அமைக்கப்பட்டன. அவற்றைச் சுழற்றுவதற்கு நீராவி டர்பைன்கள் உபயோகிக்கப்படுகின்றன. நீர்வீழ்ச்சிகளில் நீர் சக்தியால் சுழற்றப்படும் 'டர்பைன்கள்' அமைக்கப் பட்டன.

எல்லா வகை பவருக்கும் அடிப்படையானது சூரியனே. இற்றைக்கு முப்பதுகோடி ஆண்டு களுக்கு முன் சூரிய கதிர்களின் துணைகொண்டு மரங்கள் பெருங் காடுகளில் வளர்ந்தன. அவை சதுப்பு நிலங்களிலும் நொதிகளிலும் ஆழ்ந்து புதை யுண்டன. நிலத்தினடியில் அதிக அமுக்கத்திற்கும் சூட்டுக்கும் உட்பட்டு நிலக்கரியாய் மாறின. நிலக் கரியே இற்றையுலகின் முக்கியமான பவர் விளை விக்கும் பொருளாயுள்ளது. பெட்ரோலியம், பல் கோடி ஆண்டுகளுக்கு முன் பெருவாரியாய்க் கடலில் வாழ்ந்து வந்த சிறு ஜந்துக்களின் புரோடீன்கள் சிதிலமானதை (டீகம்போஸ் ஆனதை) யொட்டி யேற்பட்டது. அக்கடல் ஜந்துக்கள் பயிர்களைப் போலவே, கார்பன்டை ஆக்ஸைடையும் நீரையும் சூரிய வெளிச்சத்தின் துணைகொண்டு, உணவாய்ச் செய்துகொண்டு உயிர் வாழ்ந்தவை. சூரிய வெப் பத்தை யொட்டியே காற்றுகள் அடிக்கின்றன. காற்றுப் பவர் சூரிய வெப்பத்தை மூலமாய்க்கொண் டது. நீர்வீழ்ச்சிகள் மழைநீர் ஆறுகளாய்ப்பாய்வதி னாலேயே ஏற்படுபவை. மழைக்குக் காரணம் சூரியனே.

பவர் விளேவின் சரித்திரத்தில், நமது நாடு இடைக்காலத்தின் தொடக்கப் பகுதியிலேயே யுள்ளது எனலாம். இயற்கைச் சக்தியைக்கொண்டு செய்விக்கப்படும் வேலையினளவு சொற்பமே எனலாம். வேண்டுமாயின் எவ்வளவு பவராயினும் பெறலாம்; ஹிமாலய பர்வதத்திலிருந்து வரும் நதிகள் ஒவ்வொன்றிலிருந்தும், முறையே, மலைப் பகுதியில் ஆயிரம் அடி வீழ்ச்சிக்கு, முப்பது லக்ஷம் ஹார்ஸ் பவர் விதம் மின்சார சக்தி உற்பத்தி செய்யலாம் எனக் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது.

XVIII

விஞ்ஞான பகுதிகள்

டாக்கீயும் ரேடியோவும் நாடறிந்த விஞ்ஞான விளைவுகள். அவை விஞ்ஞானத்தின் விளம்பரதாரிகள் எனலாம். டாக்கீப் படங்களமைந்த பிலிமின் ஓரங்களில் ஒலிப்பதிவு இடவைகள் (ஸவுண்டு டிராக்குகள்) உள்ளன. அவை அதிக கருவலான கோடுகள், குறைந்த கருவலான கோடுகள் என்ற பல்வேறு கருஞ்சாயல் கோடுகளும், கரும் பட்டைகள் இடப்பட்டவாறுள்ளவை. பிலிம் ஓடிக்கொண்டுள்ளபோது, அதன்மீது விழும் ஒளி, ஒலிப்பதிவு இடவைகளின் (ஸவுண்டு டிராக்குகளின்) மீதும் விழுகின்றது. அவற்றினூடே சென்று வெளிப்படும் ஒளிப்பகுதிகள் ஒரேயளவு அடல்தாறு (இண்டன்ஸிடி) ஆனவாறு இருக்கமாட்டா. அவ்வொளிப் பகுதிகள் 'போடோ எலக்ட்ரிக் ஸெல்' எனப்படும் கருவியின் மீது விழுகின்றன. அக் கருவியினூடே, ஒளியின் அடல்தாறு வேற்றுமையைப் பொருத்தவாறுன மின்னோட்ட மாற்றங்கள் நடைபெறுகின்றன. 'போடோ எலக்ட்ரிக் ஸெல்' 'ஒலி உரைப்பி' (லவுட் ஸ்பீக்கர்கள்) என்ற கருவியுடன் கம்பியின் வழியே சேர்க்கப்பட்டது. 'ஒலி உரைப்பி' 'வெள்ளித் திரை'யின் பின்புறமிருக்கும். அதில் மின்னோட்ட மாற்றத்தை யொட்டி 'டயாப்ரம்' என்ற மெல்லிய தகடு முன்னும் பின்னுமாய் ஆடும். ஒலியலைகள் கிளப்பப்படுகின்றன.

ஒலியலைகள் மின்காந்தவியல் அலைகளானவாறு ரேடியோ நிலையங்களிலின்று வானில் பரப்பப் படுவதற்கும், வான்வழியே வரும் மின்காந்தவியல் அலைகள் ரேடியோ செட்டுகளில் ஒலியலைகளாய் மாற்றியமைக்கப்படுவதற்கும் அவசியமான முக்கிய கருவிகள் 'தெர்மியானிக் வால்வுகள்' என்ற சாதனங்கள். தெர்மியானிக் வால்வுகளில் பலவகை கள் உண்டு. தெர்மியானிக்வால்வு ஒன்றின் முக்கிய பகுதிகள் பிலமண்டு, கிரிட்டு, பிளேட் எனப்படு பவை. பிலமண்டினூடே மின்சாரம் செலுத்தப் பட்டு அதனின்று எலக்ட்ரான்கள் வெளிப்படும். 'பிளேட்' இட மின்னேற்பானவாறு (பாஸிடிவா யானவாறு) அமைக்கப்படும். 'கிரிட்டு' மறு மின் னேற்பானவாரோ, நடுவானவாரோ, இட மின்னேற் பானவாரோ இருக்கலாம். கிரிட்டின் மின்னேற்பி னளவு சிறிது வேறுபடினும் வால்வினூடேசெல்லும் மின்னோட்டவளவு அதிகமாய் வேறுபடும்.

ரேடியோ நிலையங்களில், மின்னுற்பத்தி மூல மும், பல வால்வுகளும், 'டிரான்ஸ்வார்மர்கள்' என்றவையும், 'கண்டன்ஸர்கள்' என்றவையும் மைக் ரோபோன் என்ற கருவியும், 'ஏரியல்' என்ற கம்பி யும் தக்கவாறு பொருத்தப்படுகின்றன. மைக்ரோ போன்முன்நிகழ்ச்சிகள் நடைபெறுதபோது டிரான்ஸ் பார்மரை யொட்டி யேற்படும் மின்னோட்டத்தின் திக்கு மாற்றங்கள், வால்வுகளால் அதிக வளவாக் கப்பட்டு ஏரியலினின்று தொடர்ந்தவாறான மின் காந்த அலைகளாய் வானில் பரப்பப்படுகின்றன.

மைக்ரோபோன் நிகழ்ச்சிகள் நடைபெறும்போது, அந்நிகழ்ச்சிகளை யொட்டிய ஒலியலைகள் மைக்ரோ போன் கருவியின் டயாப்ரத்தை முன்னும் பின்னு மாய் ஆட்டுகின்றன. அதில் மின்னோட்ட மாற்றங் கள் ஏற்படுகின்றன. அதையொட்டி அதனுடன் தொடர்பான் வால்வு ஒன்றில் மின்னோட்ட மாற்றங் கள் எழுப்பப்படுகின்றன. அவ்வால்வு முதல் வால் வுடன் தொடர்பாயுள்ளமையின், வானில் பரப்பப் படும் மின்காந்த அலைகள் தொடர்ந்து செல்லாது, ஒலியலைகளின் துவிதநிரல் மானங்களை (ப்ரீக்வன்ஸி களை) யொட்டியவாறு விட்டுவிட்டுச் செல்கின்றன.

வானில் பரவிவரும் அவ்வலைகள் ரேடியோ செட்டு ஏரியல்மீது விழுகின்றன. ரேடியோசெட்டி லும், டிரான்ஸ்பார்மர், வால்வுகள், கண்டன்ஸர் கள் முதலான கருவிகள் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. அலைகள் விழாதபோது வால்வுகளி லொன்றின் கிரிட்டு, 'மறு மின்னேற்பாய்' (நெகடிவாய்) இருக் கும்படி அமைக்கப்படும். அதையொட்டி வால்வில் மின்னோட்டம் ஒரு திக்கிலேயே செல்லும். மின் காந்த அலைகள் விழும்போது, அவற்றையொட்டி, விட்டுவிட்டு ஒரே திக்கில் செல்லும் மின்னோட்டம் வால்வில் ஏற்படும். அதனுடன் கம்பிகள் வழியே சேர்க்கப்பட்ட ஒலி உரைப்பிச் சுருளில் மின்னோட்ட மாற்றம் ஏற்படுவதை யொட்டி, அதன் 'டயாபரம்' அசைந்து, ஒலியலைகள் எழுப்பப்படுகின்றன. ரேடியோ நிலையத்து மைக்ரோபோன் நிகழ்ச்சி கேட்கப்படுகின்றது.

விஞ்ஞான முறைகளைப் பற்றிச் சுருக்கமாய்க் கூறிவந்தோம். அவ்விஷயங்கள் பல பகிர்வுகளாலான பல விஞ்ஞான நூல்கள் பாற்பட்டவை. முக்கியமான விஞ்ஞான நூல்கள் பின்வருமாறும்.

(1) கணிதம் (மாதமாடிக்ஸ்): இது சோதனை செய்து அளவிடப்பட்ட விஷயங்களைத் திட்டமான வாறு நிரல் செய்யும் பார்முலாக்களை இயற்றப் பயன்படுவது.

(2) வான நூல் (அஸ்ட்ரானமி): விண்கோள்களை (ஹெவன்லிபாடிகளை) ப்பற்றிய விஷயங்கள் இந்நூலிலடங்குபவை. அதன் 'உபயோக விஞ்ஞானம்' (அப்ளைட் ஸயன்ஸ்) வளியியல் (மீடீரியாலஜி), கடற்பொங்கல் அளிவிடு முறைகள் முதலானவை.

(3) பூத நூல் (பிஸிக்ஸ்): பொருள்களின் இயல்களையும், சக்தியின் விளைவுகளையும் பற்றி இந்நூல் கூறும். அதன் உபயோக விஞ்ஞானம் 'எஞ்சினியரங்கு.'

(4) ரஸாயன நூல் (கெமிஸ்ட்ரி): பொருள்களின் இயைபுகளைப் பற்றிக் கூறுவது. அதன் உபயோக விஞ்ஞானம் ரஸாயனத் தொழில்கள், மருந்து செய்தல் முதலியவை.

(5) தாது நூல் (ஜியாலஜி): நிலத்தின் இயல்கள், பாறைகளின் இயல்கள் இன்னோரன்னவற்றை விவரிக்கும் நூல். நாட்டுப்படம் வரைதல், கனிப்

பொருள்கள் உளவை யறிதல், கிளேமேட்டை அறிதல் முதலானவை அதன் 'உபயோக விஞ்ஞானம்'

(6) உயிர் நூல் (பயாலஜி): பயிரினங்கள், ஜந்துவினங்கள் என்ற உயிரினங்களைப் பற்றி எடுத்துரைக்கும் நூல். அதன் உபயோக விஞ்ஞானம் விவசாயம், வைத்தியம், உடல்நலவியல் (ஹைஜீன்), சுகாதாரம் (ஸானிடேஷன்) என்பவை.

ஒருவர் தம் ஆயுட்காலத்தினுள் அந்நூல்கள் பாற்பட்ட விஷயங்கள் எல்லாவற்றையும் அறிதல் சாத்தியமன்று. அந்நூல்கள் பல உட்பிரிவினைகளை முறையே கொண்டவை. கணிதம், எண்ணிக்கை (நியூமெராலஜி), வரிவடிவயியல் (ஜியாமட்ரி), பின்னவியல் (இன்பினெடிஸ்மல்கள்), தொடர்பியல் (ஸீரீஸ்), மாற்றங்கள் (டிரான்ஸ்பர்மேஷன்கள்), இன்னோரன்ன பகுதிகளைக்கொண்டதுவான நூல், விண் பௌதிகம் (ஆஸ்ட்ரோ பிஸிக்ஸ்), விண்யானவியல் (ஆஸ்ட்ரோமெட்ரி), இன்னோரன்ன பகுதிகளைக்கொண்டது. பூதநூல் திட—திரவ—வாயுப் பொருளியல், சூட்டியல், ஒலியியல், ஒளியியல். காந்தவியல், மின்னியல், அணுவியல், படிகமுருவியல் இன்னோரன்ன உட்பிரிவினைகளைக் கொண்டது. ரஸாயன நூல், பௌதிக ரஸாயனம் (பிஸிகல் கெமிஸ்ட்ரி) நிரியமான ரஸாயனம் (இனோர்கானிக்கு கெமிஸ்ட்ரி), இயமான ரஸாயனம் (ஆர்கானிக்கு கெமிஸ்ட்ரி), பூமியியல் ரஸாயனம் (ஜியோ கெமிஸ்ட்ரி), உயிரியல் ரஸாயனம் (பயோ கெமிஸ்ட்ரி) என்ற பகுதிகளைக் கொண்டது. தாது நூல், புவனோற்பத்தியியல் (காஸ்மோகானி), நில

நூல் (ஜியோக்ரபி), நிலப் பௌதிகம் (பிஸிகல் ஜியாலஜி), பாறையியல் (பெட்ராலஜி), இருக்கை வாய்ப்பியல் (ஸ்ட்ராடக்ராபி) என்ற பிரிவினைகளைக் கொண்டது. உயிர் நூல், உருவமைப்பியல் (மார்பாலஜி), வகையீடியல் (டாக்ஸானமி), உடலுறுப்பியல் (பிஸியாலஜி), கருவியல் நூல் (எம்பிரையாலஜி), சூழ்நிலைவழியியல் (எய்காலஜி), காரணவியல் (எயிடாலஜி), உள்ளவியல் (வைகாலஜி) என்ற வழிநூல்களாலானது. ஒரு நூலின் உட்பிரிவினை யொன்றின் பாற்பட்ட விஷயங்களைக்கூட ஒருவர் தமது ஆயுட்காலத்திலுள் கற்றறிதல் அரிது. இன்னும் பல உட்பிரிவினைகள் செய்யப்பட்டவாறே விஞ்ஞான் ஆராய்ச்சிகள் செய்யப்படுகின்றன. ஆயினும் விஞ்ஞான விஷயங்கள் திட்டமாய் வரம்பு கோலியவாறு பிரிக்கப்பட்டவையன்று. ஒரு விஷயத்தைப் பற்றி நுட்பமாய் ஆராய்ச்சி செய்யும் ஒருவர், பொதுவாய் மற்ற விஞ்ஞான விஷயங்களை அறிந்திருந்தால்தான், தாம் துருவித் துருவி ஆராயும் விஷயத்தைப் பற்றிச் சிறந்த வகையில் அறிய ஏதுவாகும்.

மக்களின் செம்மல் மூளை (ஸெரிப்ரம்) ஒருவாறு சிறந்து அவர்களிடம் அறிவு அரும்பின நாளிலேயே விஞ்ஞானமும் பிறந்தது எனக் கூறியுள்ளோம். அன்று அரும்பிய விஞ்ஞானம், மக்கள் தமது சூழ்நிலைமையை (என்வைரன்மண்டை)க் கூடியவரைத் தமக்கு நலமானவாறு அமைத்துக்கொள்ளும் வழிகளைக் கண்டுபிடிப்பதிலேயே நாட்டஞ் செலுத்தி வந்தது. இன்றும் விஞ்ஞானத்தின் முக்கியநோக்கம்

மக்கள் வாழ்க்கையை வளமுறச் செய்தல் என்பதே. ஆயினும் அக்காலத்தில், ஒருவன் தானறிந்ததைக் கொண்டு தனது சூழ்நிலையைத் திருத்தியமைத்துக் கொள்ள இடமிருந்தது. இன்று அவ்வாறில்லை மக்கள் பலவகைகளில் சிக்கலான போட்டியிடும் சமுதாயத்தினராய் வாழ்கின்றனர். ஒருவன் தனது சமுதாயத்தினர் இடந்தரும் வழியிலும், வரையிலுந் தான் தன் சூழ்நிலைமையைத் தான் விரும்பியவாறு அமைத்துக்கொள்ள இயலும். ஒரு சமுதாயத்தினர் மற்ற சமுதாயத்தினர் இடந்தரும் வரம்புக்குள்ளாகவே, தமது சூழ்நிலைமையைத் தாம் விரும்பியவாறு திருத்திக்கொள்ளலாம். போட்டியிட்டுப் போரில் வெல்லக்கூடிய சமுதாயமொன்றே கட்டுப்படாதவாறு தன் சூழ்நிலைமையை அமைத்துக் கொள்ள வல்லது. இது வரை அறியப்பட்டுள்ள விஞ்ஞான விஷயங்களில் சிறு விதமானவையே மக்களின் சூழ்நிலைமையைத் திருத்தி யமைக்கும் வழியே பயன்பட்டுள்ளவை. அறியப்பட்டுள்ள பல விஞ்ஞான விஷயங்களையும் பயன்படுத்திக் கொண்டு எல்லா மக்களுக்கும் பொதுவான சூழ்நிலைமையை இப்பொழுதுள்ளதைவிட அதிக நலமானவாறு அமைக்க இயலும். அந்நிலைமை ஏற்படும் முன், சமுதாயப் போட்டிச் சண்டைகள் நின்றுபோகவேண்டும். அறிவிலும் செயலிலும் நிர்வாகத்திலும் சீலத்திலும் சிறந்தவர், பலதிற விஞ்ஞானிகள்—பொருளாதார நிபுணர்கள்—சரித்திர வல்லுனர் இன்னோரின் துணைகொண்டு திட்டமான ஏற்பாடுகளைச் செய்யவேண்டும். சூழ்நிலைமை

யும், அதையொட்டி மக்களுக்களிக்கப்படும் அறிவுப் பயிற்சியும், செயற்பயிற்சியும் எத்தகையதாயிருக்க வேண்டும் என நிர்ணயிக்கப்படவேண்டும். அவ்வாறு அமையுங்காலத்தே, 'விஞ்ஞானத்தையொட்டி அறியப்பட்டவையெல்லாம் மக்கள் வாழ்க்கையில் பயன்படல்' என்ற ஆதிகாலத்து விஞ்ஞான நிலைமை ஏற்படும். ஆதிகாலத்து சிறுபான்மை விஞ்ஞானத்தை யொட்டியே, மக்கள் பல பயன்களைப் பெற்றனர். இக்காலத்துப் பெருவாரியான விஞ்ஞானத்தை யொட்டி அதிகமான பயன்களைப்பெற்று மக்கள் வாழ்க்கை சிறந்தோங்கும் என எதிர் பார்க்கலாம்.

விஞ்ஞான நூல்களை யொட்டி விதியியலிலும், செயல்முறையிலும் சிறப்பான விளைவுகளைப் பலவற்றையும்வருங்காலத்தில்எதிர்பார்க்கலாம். அவற்றில் முக்கியமானவை உயிர்நூலின் பாற்பட்டவையாயிருக்கும் என்பதில் ஐயமில்லை. உயிர்நூலையொட்டிய கணித முறைகள் பல கண்டுபிடிக்கப்படும் எனத் துணிந்து கூறலாம். பாரம்பரிய வாய்ப்பியல்கள், உயிர், செம்மல் மூளையின் எண்ணத் தொடர்புறு வியல் (அஸ்ஸோஸியேஷன்) என்றவற்றின் பாற்பட்ட விஷயங்கள் திட்டமாய் அறியப்படுவதை யொட்டியே மக்களின் எதிர்கால சரித்திரம் அமையும் என நம்பலாம். விஞ்ஞானச் சிறப்பால் மக்களின் இன்பம் ஓங்குமா என்பது வேறுபிரச்சினை. அதைப்பற்றி 'சர்ச்சைசெய்தல்' விஞ்ஞானத்தில் அடங்கிய விஷயமன்று. ஆகவே, நமது விஞ்ஞானக் கதையை இத்துடன் நிறுத்துவோம்.

அட்டவணை

Trichinopoly United Printers Ltd.—Ty. 2—26-2-46—500 copies

பிழையும் திருத்தமும்

பக்கம்	வரி	பிழை	திருத்தம்
14	14	குாடு	குமடு
21	25	வெளியேற	வெளியேற்ற
22	3	அவ்வான்	அவ்வாறு
,,	4	வால்வுகளி	வால்வுகள்
23	17	போர்க்கா	போர்க்கப்
28	11	பிஷர்	பிரஷர்
33	2	வயிறுற	வயிறுா
41	20	அனலிஸிஸ்	அனலிஸிஸ்
53	3	எபண்ட்	எபரண்ட்
55	23	கியூக்ணியஸ்	கியூக்ளியஸ்
55	25	கியூக்ணியஸை	கியூக்ளியஸை
56	10	கியூக்ணியன்விலுள்ள	கியூக்ளியஸிலுள்ள
,,	22	எலக்ட்ரான்களை	எலக்ட்ரான்களுக்கு மேல்
57	1	அயன்கள்	அயான்கள்.
,,	14	குறிப்படும்	குறிப்பிடும்.
,,	23	எலட்ரான்	எலக்ட்ரான்
,,	24	உண்டு	உண்டு.
59	10	மூளையே	மூளையே.
64	14	ராவி	ரான்
67	26	செல்கின்றன	செல்கின்றன.
98	3	குளிர்ச்சி	கிளர்ச்சி
,,	5	எலக்ரான்கள்	எலக்ட்ரான்கள்.
,,	25	பெறப்பட்டு	பெறப்படு
101	14	6000°c	6000°c.
,,	19	பெறலாம்	பெறலாம்.
103	14	செல்லலாம்	செல்லலாம்.
,,	23	வேறுவதால்.	வேறுவதால்,
104	27	செல்லச	செல்லச்
105	6	மானது	மானது.
,,	15	அமைந்திருக்கும்	அமைந்திருக்கும்.
109	3	பொருந்தி	பொருத்தி

பக்கம்	வரி	பிழை	திருத்தம்
114	25	சருக்கி	சறுக்கி
134	14	உடலமைப்ப	உடலமைப்பு
146	8	.)	).
164	14	"அவ்வறுப்புக்களின்	அவ்வுறுப்புக்களின்
155	10	காவலாளி'	'காவலாளி'
161	6	உடல்	——
168	17	ஸைல்லிமைய	ஸெல்லமைய
170	17	சலவை	சரவை
172	12	1·1	1·6
,,	21	வாய்ப்பியல்	வாய்ப்பியல்.
173	14	(கு) γ	கு (γ)
,,	14	கீலி $(\times \gamma)$	கீகு $(\times \gamma)$
,,	16	கு (γ)	கு (γ)
,,	16	கீலைறகு $(\times_p \gamma)$	கீழைறகு $(\times_h \gamma)$
175	3	விண்டவ	விண்டல
,,	8	திரலேவம்	திரலேணம்
176	18	கிரஹணங்கள்	கிரணங்கள்.
179	13	மேலுழும்பிய	மேலெழும்பிய
180	24	அவற்றில்	அவற்றின்
185	7	வாண்ட	வறண்ட
186	20	இவ்ஞோன்ன	இன்ஞோன்ன
188	5	கோதுமைம்	கோதுமை
,,	6	வாண்ட	வறண்ட
,,	22	காட்டி	காட்டில்,
189	5	வாண்ட	வறண்ட
190	15	காய்ச்சக்	காய்ச்ச
193	6	அல்யூமினிடாய்	அல்யூமினேடாய்
200	18	சருக்கு	சறுக்கு
202	1	பொவிப்	ரொவிப்
206	19	டிரான்ஸ்வார்மர்கள்	டிரான்ஸ்பார்மர்கள்
208	13	அளிவிடு	அளவிடு